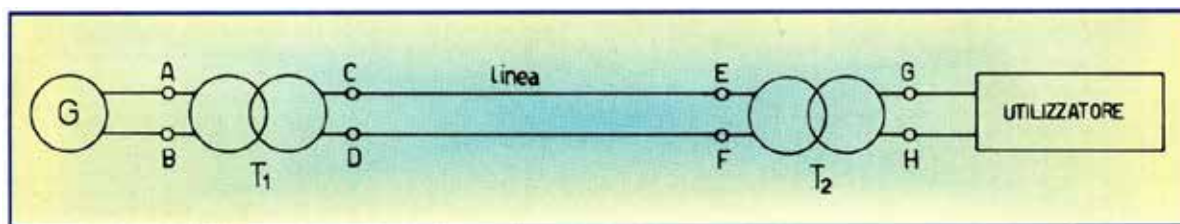
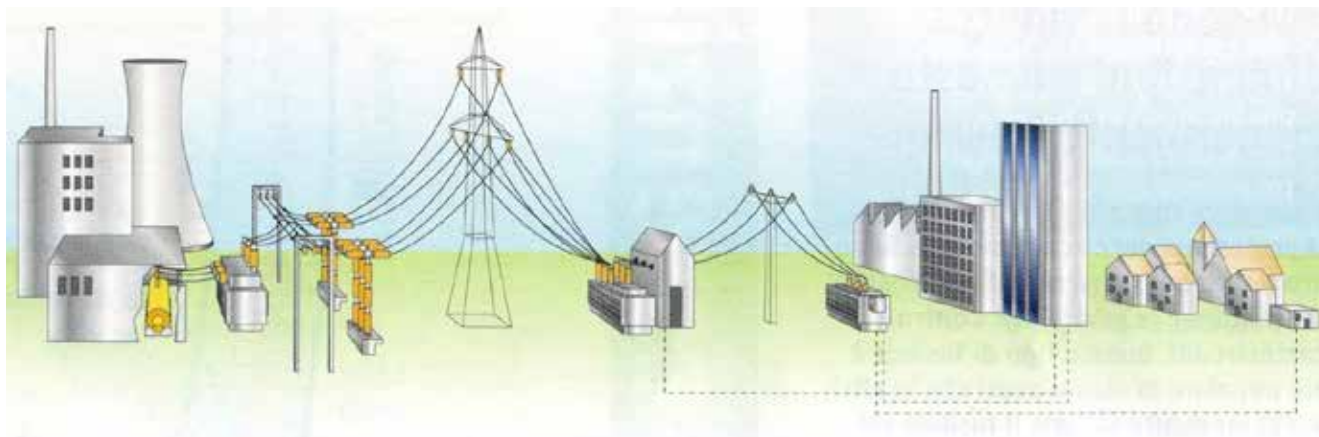


**CABINE ELETTRICE MT/BT:
aspetti costruttivi, apparecchiature
di cabina e manutenzione come da
Norma CEI 78-17**

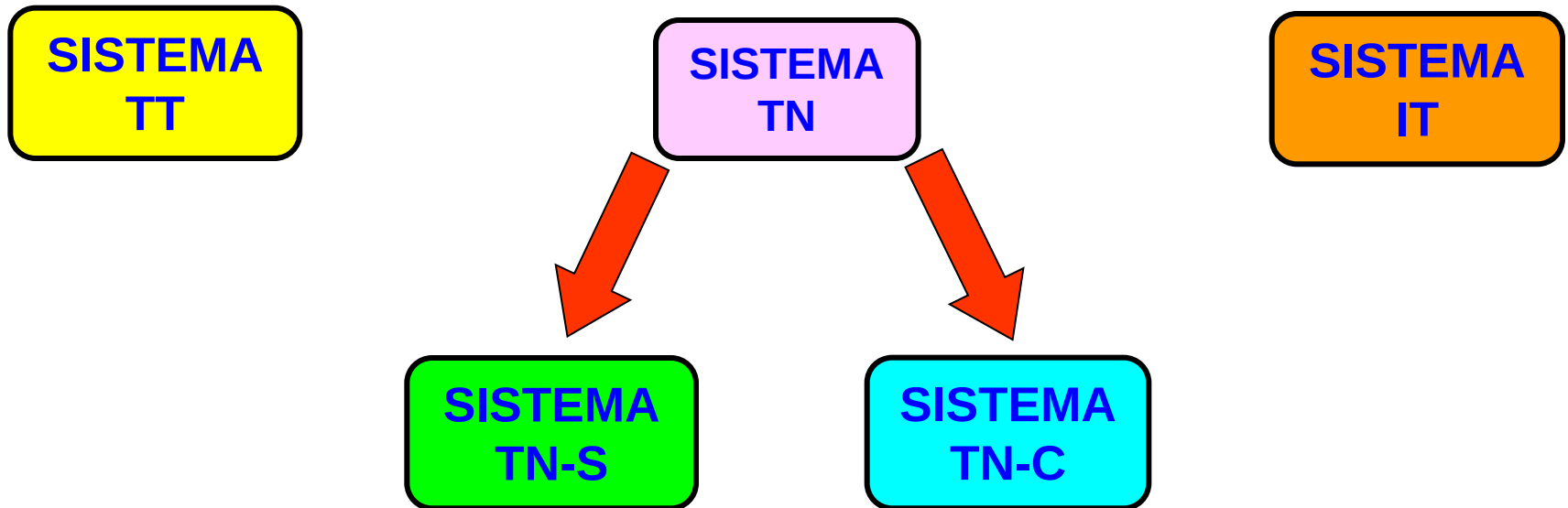
Relatore: ing. Antonio Porro

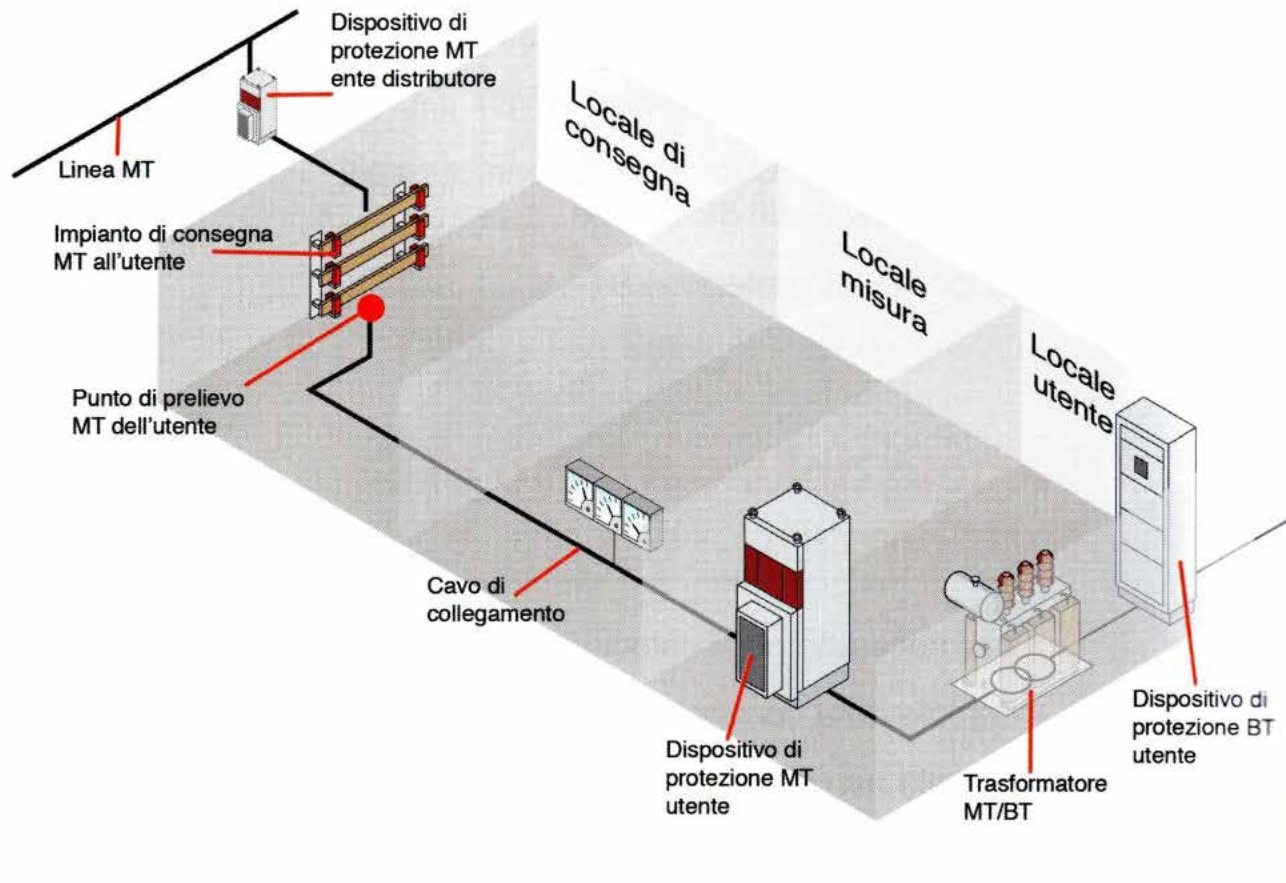
Lecco 28/11/2025



Sistemi elettrici	c.a.	C.C.
CAT 0	$V \leq 50$	$V \leq 120$
CAT I	$50 < V \leq 1.000$	$120 < V \leq 1.500$
CAT II	$1.000 < V \leq 35.000$	$1.500 < V \leq 35.000$
CAT III	$V > 35.000$	$V > 35.000$

SISTEMI DI DISTRIBUZIONE





La cabina elettrica di trasformazione è costituita dall'insieme dei dispositivi (conduttori, apparecchiature di misura e controllo e macchine elettriche) dedicati alla trasformazione della tensione fornita dalla rete di distribuzione in media tensione (es. 15 kV o 20 kV), in valori di tensione adatti per l'alimentazione delle linee in bassa tensione (400 V – 690 V).

Le cabine elettriche possono essere suddivise in cabine pubbliche e cabine private.

CABINE PUBBLICHE

Sono di pertinenza della società di distribuzione dell'energia elettrica ed alimentano le utenze private in corrente alternata monofase o trifase (valori tipici della tensione per i due tipi di alimentazione possono essere 230 V e 400 V). Si dividono a loro volta in cabine di tipo urbano o rurale, costituite da un solo trasformatore di potenza ridotta. Le cabine urbane sono generalmente costruite in muratura, mentre quelle rurali sono spesso installate all'esterno direttamente sul traliccio della MT.

CABINE PRIVATE

Si possono considerare come cabine di tipo terminale, cioè cabine in cui la linea in MT si ferma nel punto di installazione della cabina stessa. Sono di proprietà dell'utente e sono costituite da tre locali distinti:

- locale consegna dove sono installate le apparecchiature di manovra dell'ente distributore;
- locale misura nel quale sono collocati i gruppi di misura;
I locali consegna e misura devono avere l'accesso da strada aperta al pubblico;
- locale utente, destinato a contenere il trasformatore e le apparecchiature di manovra e protezione in MT e BT di pertinenza dell'utente.

CABINE A GIORNO

Cabina dove non è previsto l'utilizzo di componenti di MT dotati di involucro in grado di assicurare la protezione contro i contatti diretti e che pertanto necessita di essere completato in opera con le misure di sicurezza atte a proteggere le persone contro tali rischi in accordo alla CEI EN 61936-1. L'impianto viene eseguito direttamente sul posto collegando opportunamente i componenti ed è quindi praticamente impossibile eseguire delle prove per verificare il livello di isolamento e la capacità di sostenere gli effetti delle correnti di cortocircuito. La soluzione costruttiva tipica di una cabina a giorno per interno, quindi costruita in un locale chiuso, risulta costituita da:

- una o più celle, dotate di pareti o pannelli divisorii, per la sistemazione dei componenti di MT;
- una o più celle, dotate di pareti o pannelli divisorii e quanto necessario per la sistemazione dei trasformatori;
- barriere di protezione quali telai, grigliati e reti metalliche; rigidamente fissate con grado di protezione minimo IPXXB;
- componenti di BT sistemati su strutture aperte o dentro armadi chiusi.

CABINA REALIZZATA IN OPERA O PREMONTATA CON APPARECCHIATURE PREFABBRICATE

Cabina dove l'impianto, i cui componenti elettrici sono dotati di involucro in grado di assicurare la protezione contro i contatti diretti, viene realizzato mediante l'impiego di apparecchiature prefabbricate, come ad esempio i quadri di MT e di BT in accordo alla Norma di prodotto CEI EN 62271-200. Per cabina realizzata in opera si intende il locale in calcestruzzo o laterizio o altro materiale idoneo ad ospitare le apparecchiature elettriche, collaudato direttamente in loco. La soluzione costruttiva tipica, di una cabina per interno con apparecchiature prefabbricate, è la seguente:

- quadro di MT costituito da un insieme di unità funzionali;
- una o più celle, dotate di pareti o pannelli divisorii e quanto necessario per la sistemazione dei trasformatori alloggiati in box metallici o complete delle protezioni contro i contatti diretti;
- quadro di BT costituito da un insieme di unità funzionali.

CABINA PREFABBRICATA

La cabina prefabbricata viene considerata come un apparecchio conforme alla norma di prodotto e che ha quindi superato tutte le prove di tipo previste. La norma di prodotto, oltre alle caratteristiche nominali e alle procedure di prova, dedica una particolare attenzione alla protezione delle persone, che viene garantita dall'impiego di componenti sottoposti alle prove di tipo e da una adeguata progettazione e costruzione dell'involucro.

I componenti principali di una sottostazione prefabbricata sono oltre all'involucro:

- trasformatori di potenza;
- apparecchiatura di media e bassa tensione;
- interconnessioni di media e bassa tensione;
- apparecchiatura e circuiti ausiliari.

UBICAZIONE DELLA CABINA

L'ubicazione della cabina di trasformazione deve essere oggetto di:

- § esame dei centri di carico e loro definitiva ubicazione;
- § analisi dei campi magnetici (i riferimenti legislativi sono: Legge 22 febbraio 2001, n°36; Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003; Decreto Legislativo 6 novembre 2007 n°194; vedasi anche Guida CEI 11-35);
- § esame dei possibili tipi di posa dei cavi, limitando la posa interrata (minore portata) a favore della posa in aria.

La costruzione di una cabina di trasformazione il più vicino possibile ai carichi elevati e, in ogni caso, baricentrica, consente la scelta ottimale delle sezioni e delle lunghezze delle linee, riducendo le cadute di tensione e le perdite per effetto Joule.

UBICAZIONE DELLA CABINA

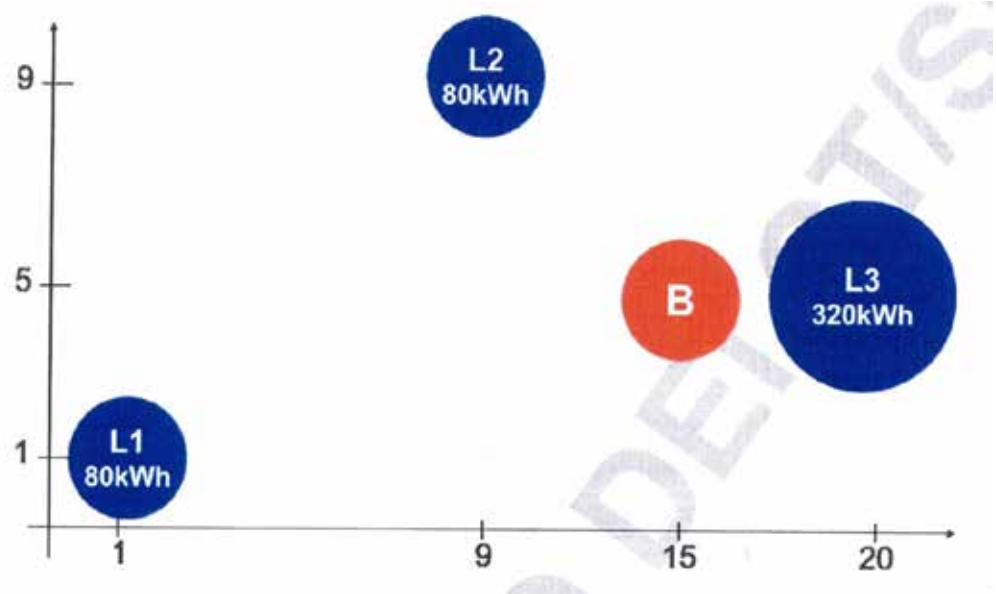
Cabina MT/BT

Esempio:

carico 1: pos. (1;1); consumo 80 kWh

carico 2: pos. (9;9); consumo 80 kWh

carico 3: pos. (20;5); consumo 320 kWh



$$(1:1)80 + (9:9)80 + (20:5)320$$

ASPETTI COSTRUTTIVI

La cabina è considerata una costruzione e quindi è soggetta a concessione edilizia e come tale deve rispettare le distanze dai fabbricati, dai confini di altre proprietà, dalle strade, ecc.

Il locale cabina può essere realizzato in:

- mattoni pieni,
- calcestruzzo armato (gettato in opera o prefabbricato).

(Spesso le cabine isolate sono di tipo prefabbricato in calcestruzzo armato vibrato).

Il pavimento e il solaio devono essere dimensionati per sopportare il carico previsto.

Esempio: per un trasformatore da 1.000 kVA o 1.600 kVA è da prevedere rispettivamente un carico concentrato di 40 kN/m² e 50 kN/m² ed un carico uniformemente distribuito, in entrambi i casi, di 5 kN/m².

PRESCRIZIONI STRUTTURALI

Per quanto riguarda la costruzione del manufatto edile e relativi accessori, si deve far riferimento al DM (infrastrutture) 14.01.2008 e s.m.i. "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e al Regolamento (UE) 305/2011, entrato in vigore il 1° luglio 2013. Il Regolamento intende disciplinare l'immissione sul mercato europeo di tutti i prodotti (materiali, manufatti, sistemi, ecc.) che sono realizzati per diventare parte permanente di opere di costruzione (edifici ed opere di ingegneria civile). I requisiti da rispettare sono i seguenti:

- resistenza meccanica e stabilità
- sicurezza in caso di fuoco
- igiene, sicurezza e ambiente
- sicurezza in uso
- protezione contro il rumore
- risparmio energetico
- uso sostenibile delle risorse naturali per la realizzazione delle costruzioni.

La cabina deve possedere una robustezza meccanica sufficiente e comunque non inferiore ai requisiti minimi imposti dalla Legge e dalle Norme Tecniche. Occorre prendere in esame:

- carichi permanenti strutturali e non strutturali quali i pesi propri dei materiali;
- carichi variabili che comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera (persone, automezzi, ecc.);
- azione sismica e combinazioni con le altre azioni;
- azioni del vento;
- azioni della neve;
- azioni della temperatura;
- azioni eccezionali quali incendi, esplosioni, urti.

RESISTENZA AL FUOCO

Le pareti e i solai dove sono installati trasformatori devono avere una resistenza al fuoco, rispetto alle altre parti dell'edificio, pari ad almeno REI 60 se la quantità di liquido isolante è minore di 1 m³ ed almeno REI 90 se maggiore di 1 m³.

Nota: fanno eccezione i locali cabina con trasformatori a secco la cui classe di comportamento al fuoco è F1.

Le porte che danno sull'esterno (all'aperto) non devono avere una particolare resistenza al fuoco; devono aprirsi verso l'esterno ed avere un'altezza non inferiore a 2 m ed una larghezza non inferiore a 0,80 m.

PASSAGGI E VIE DI FUGA

I passaggi per il transito delle persone devono avere una larghezza di almeno 80 cm (se il passaggio è previsto dietro un quadro chiuso la larghezza può essere ridotta a 50 cm).

Le vie di fuga devono essere larghe almeno 50 cm quando le portelle dei quadri sono aperte; il percorso massimo prima di accedere all'esterno, non deve essere maggiore di 20 m (se maggiore di 10 m si deve poter uscire da entrambi i lati del percorso).

MEZZI DI ESTINZIONE

1° Intervento



OBBLIGO

(D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. All.IV)

Facilmente accessibili in caso d'incendio

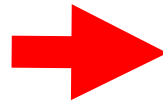
(D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. Tit.V)

Mantenere in efficienza e controllare

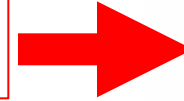
> 1 volta ogni 6 mesi

Personale Esperto

2° Intervento



Sezionamento
esterno alla cabina



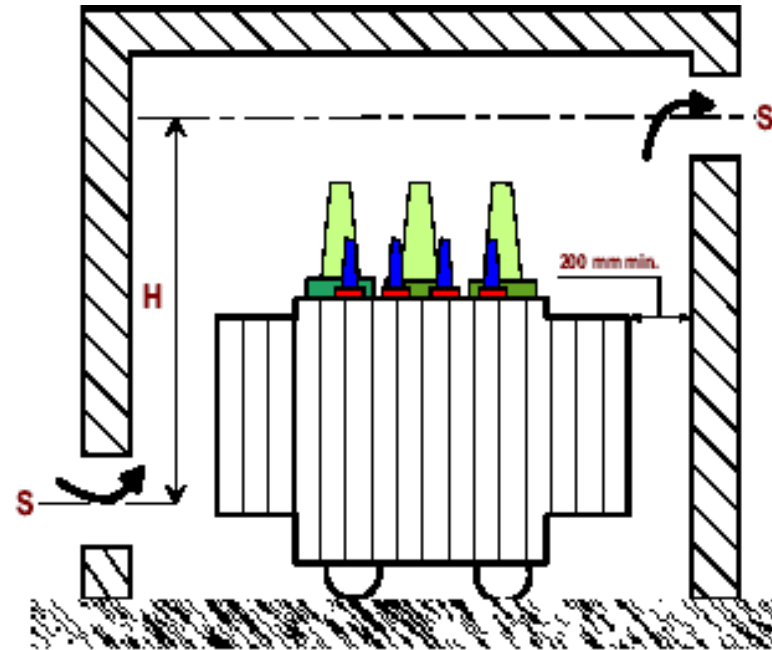
Procedure di intervento in corrispondenza alle porte di accesso al locale con segnaletica di sicurezza conforme al Titolo V del D.Lgs. 81/08.

VENTILAZIONE

- Ø Le condizioni climatiche interne devono essere ottenute ad. es. con raffreddamento, riscaldamento, deumidificazione, ventilazione o progettazione della costruzione adeguati.
- Ø Per i locali dei trasformatori, è preferibile l'uso di ventilazione naturale.
- Ø I sistemi di ventilazione forzata (permanenti o mobili) devono essere progettati considerando lo smaltimento dei fumi dall'edificio.
- Ø Si raccomanda un monitoraggio del funzionamento dei ventilatori fissi.
- Ø Le aperture per la ventilazione devono essere progettate in modo da evitare ogni possibile avvicinamento a parti attive ed ogni intrusione pericolosa di corpi estranei.
- Ø I liquidi refrigeranti e i mezzi di smaltimento del calore non devono contenere impurità meccaniche o sostanze corrosive in quantità o qualità tali che possano essere pericolose per il corretto funzionamento dei componenti elettrici dell'impianto.
- Ø Ove necessario, devono essere installati filtri o scambiatori di calore.
- Ø Gli impianti di ventilazione forzata devono essere posizionati in modo che si possa eseguirne l'ispezione e la manutenzione anche quando le apparecchiature dell'impianto elettrico sono in funzione.



VENTILAZIONE



- Ventilazione naturale

$S = 0,238 P_t / \sqrt{h}$ nel caso di un'apertura su ogni parete

$S = 0,119 P_t / \sqrt{h}$ nel caso di due aperture su ogni parete

- Ventilazione forzata

$$q_v = P_t \cdot 860 / c_p \cdot \rho \cdot \Delta t$$

$$q_v = 314 P_t$$

VENTILAZIONE - Esempio

Si consideri una cabina MT/BT avente dimensioni: 6m x 6m x 3,5m con due griglie di aerazione ($h = 2,60$ m). La cabina contiene due trasformatori da 630 kVA, 20 kV/400 V, caricati al 50 %. La potenza persa alla corrente nominale è la seguente:

$$P_o = 1,1 \text{ kW}; P_k = 7,6 \text{ kW}; P_p = (1,1 + 7,6) = 8,7 \text{ kW}.$$

- Ventilazione naturale

$$P_t = 1,15 \left(1,1 + \frac{7,6}{4}\right) \cdot 2 = 6,9 \text{ kW} \quad A = 0,238 \cdot P_t / \sqrt{h} = 1,02 \text{ m}^2 \times 1,15 = 1,2 \text{ m}^2$$

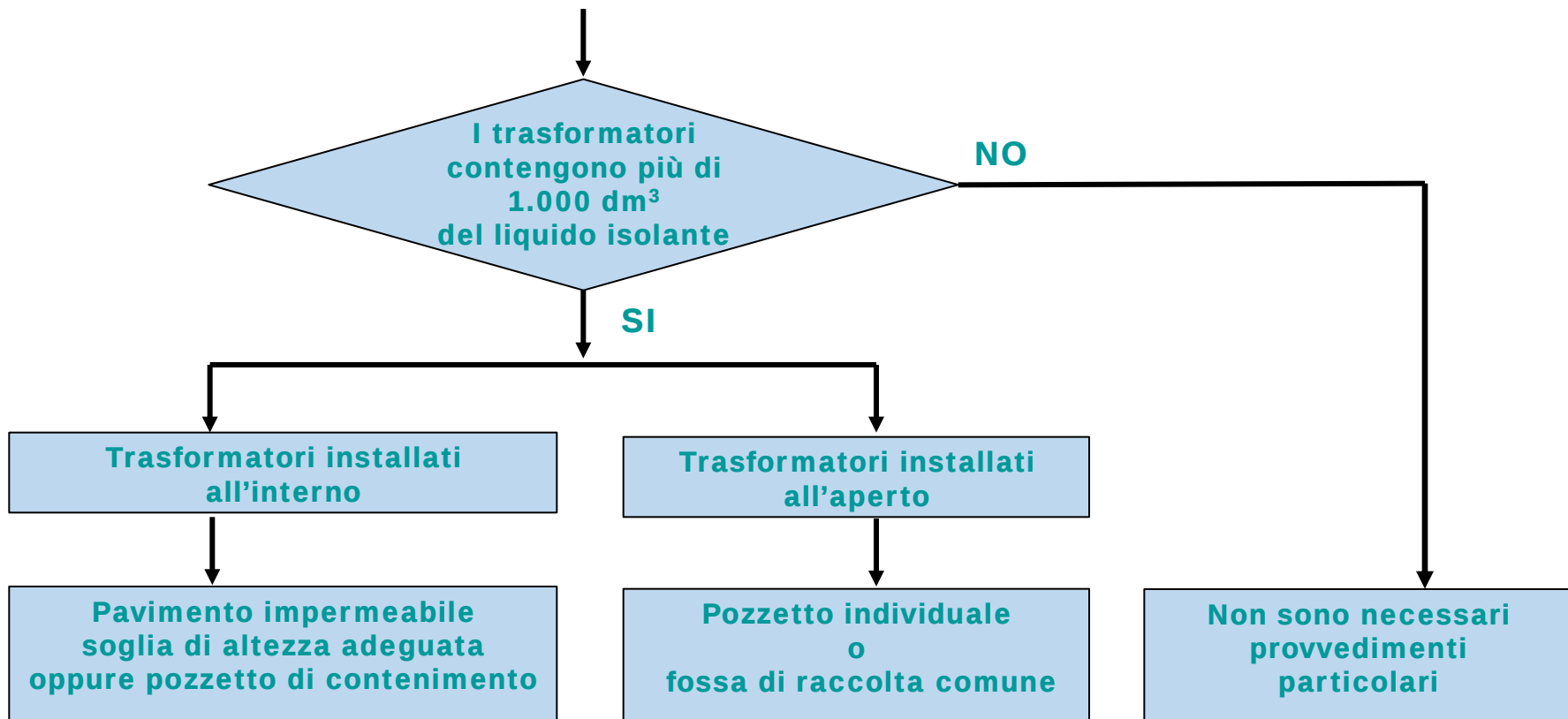
- Ventilazione forzata

$$P_{tmax} = 1,15 \cdot P_p \cdot 2 = 20,01 \text{ kW} \quad q_v = 346 P_{tmax} = 6.924 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = \frac{P_{tmax}}{3.600(2 \times 1,02)} = 0,94 \text{ m/s}$$

RACCOLTA OLIO

Perdita di liquido isolante



RACCOLTA OLIO

RACCOLTA FLUIDI ISOLANTI + APPARECCHIATURE ALL'ESTERNO

Ø Prendere provvedimenti per contenere qualsiasi perdita da apparecchiature immerse in liquido per prevenire danni ambientali. Le norme o i regolamenti nazionali potrebbero specificare per quale contenuto minimo di liquido è prescritto il contenimento... Obbligo per la prevenzione incendi **DECRETO 15/7/2014 (1000 I)**.

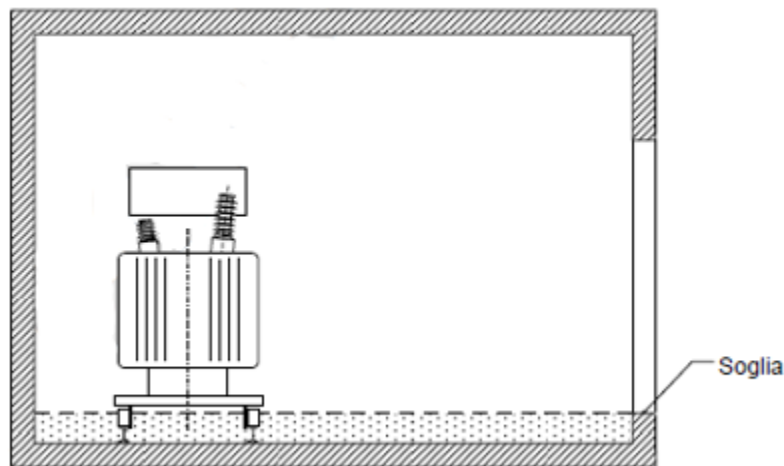


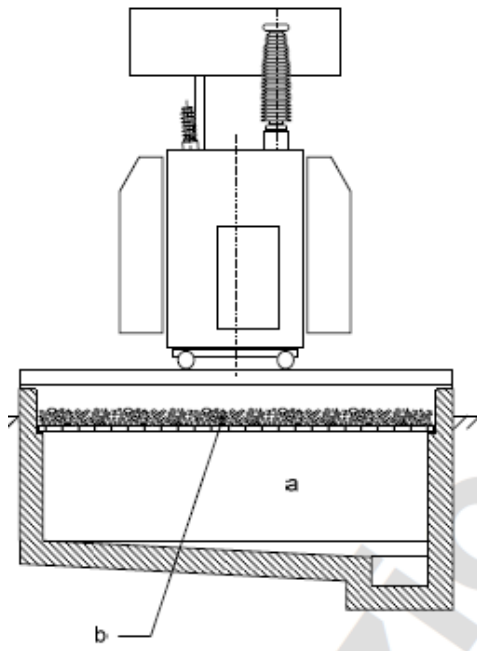
Figura 11 – Esempio senza strato di ghiaietto e serbatoio di raccolta, per piccoli trasformatori

- Ø Altezza della soglia o volume dell'area di raccolta, considerando il volume del liquido isolante nelle apparecchiature, nonché qualsiasi volume d'acqua piovana e del sistema di protezione antincendio
- Ø Valutare anche la vicinanza a corsi d'acqua e le condizioni del suolo per impianto scarico acque bianche

RACCOLTA OLIO

RACCOLTA FLUIDI ISOLANTI + APPARECCHIATURE ALL'ESTERNO

Figura 8 – Fossa integrata con serbatoio di raccolta



- a) Contenimento: l'intera quantità del fluido del trasformatore oltre l'acqua piovana
 - b) Per informazioni relative alle grate o alle prese antincendio, v. 8.7.2
- NOTA Si dovrebbe considerare, inoltre, l'acqua proveniente dallo impianto di estinzione (se esistente)

- a) Contenimento: come minimo il 20 % del liquido del trasformatore
- b) Per informazioni relative alle grate o alle prese antincendio, v. 8.7.2

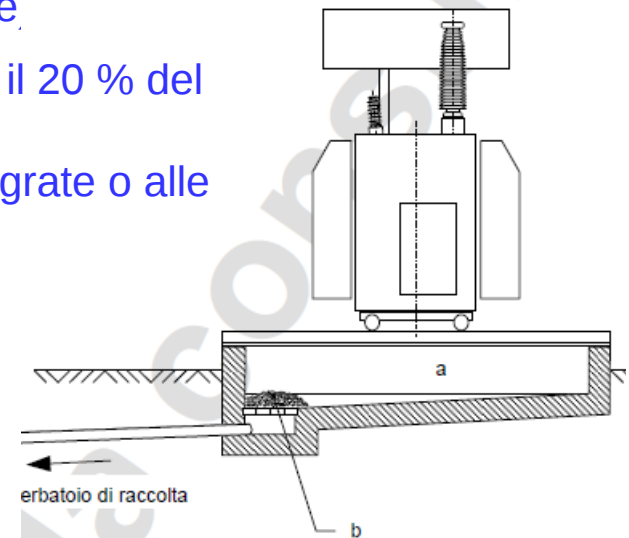


Figura 9 – Fossa con serbatoio di raccolta separato

ILLUMINAZIONE

La cabina deve essere provvista di un impianto di illuminazione artificiale e di almeno una presa di servizio.

Nelle sale quadri l'illuminazione raccomandata è di almeno 200 lx ed il fattore di uniformità 0,4.

La presa (o le prese) devono essere protette con fusibili oppure essere di tipo interbloccato.

La Norma CEI EN IEC 61936-1 all'articolo 7.1.6 richiede l'illuminazione di emergenza e le vie di fuga devono essere segnalate e illuminate.

SEGNALETICA

L'allegato C della Guida CEI 99-4, richiamando il D.Lgs 81/2008, riporta la segnaletica di pertinenza delle cabine elettriche. Nel seguito viene presentata la cartellonistica di maggiore interesse. Si ricorda inoltre che sarebbe opportuno esporre lo schema unifilare dell'impianto.



Vietato alterare lo stato dell'interruttore



Cartello di divieto di accesso alle persone non autorizzate



Divieto di spegnere con acqua



Cartello di avvertimento di pericolo tensione elettrica pericolosa



Cartello di avvertimento di pericolo materiale infiammabile o alta temperatura



Cartello di avvertimento di pericolo per sorgente autonoma di energia

SEGNALETICA

Deve inoltre essere presente il cartello per i primi soccorsi d'urgenza; la Norma raccomanda di compilare i dati richiesti nella parte inferiore del cartello per rendere tempestivo l'arrivo dei soccorsi.

AGIRE SUBITO - IL RITARDO È FATALE...

SOCCORSI D'URGENZA DA PRESTARE AI COLPITI DA CORRENTE ELETTRICA

AZIONE IMMEDIATA

È indispensabile quando la folgorazione compromette l'attività della respirazione e del cuore se il colpito non viene soccorso entro 3 o 4 minuti, può subire conseguenze irreparabili. Accertare innanzitutto che l'infortunato sia fuori dal contatto con le parti in tensione e dare quindi immediatamente inizio alla respirazione artificiale. **NON RITARDARE IL SOCCORSO NEPPURE PER CHIAMARE IL MEDICO**, salvo che i soccorritori siano almeno due o che l'unico soccorritore possa richiamare l'attenzione di altri senza abbandonare l'infortunato.

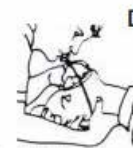
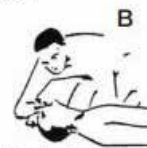
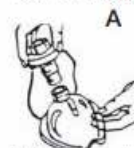
NON TOCCARE

Il colpito se non si è sicuri che il medesimo non è più a contatto, o immediatamente vicino alle parti in tensione. In caso contrario togliere tensione. Qualora il circuito non possa essere prontamente interrotto, isolare adeguatamente la propria persona con guanti isolanti, panni asciutti, collocandosi su tavole di legno secco, ecc. e rimuovere l'infortunato afferrandolo preferibilmente per i vestiti se asciutti. In alternativa allontanare dall'infortunato, con un solo movimento rapido e deciso, la parte in tensione usando fiondi, pezzi di legno secco o altri oggetti in materiale isolante. Non toccare con la propria persona altri oggetti specialmente se metallici. **IN CASO DI INDISPONIBILITÀ DELLA MASCHERA ORONASALE POTRÀ ESSERE UTILIZZATA LA TECNICA BOCCA BOCCA O BOCCA NASO EVENTUALMENTE CON L'INTERPOSIZIONE DI UN FAZZOLETTO O DI UNA GARZA.**

RESPIRAZIONE ARTIFICIALE

con maschera oronasale:

1. Adagiare il colpito sulla schiena e collocarsi dal lato della sua testa. 2. Munirsi dell'apposita maschera oronasale e posizionare correttamente il gruppo valvola nel collo della maschera (v. fig. A). 3. Piegare alquanto all'indietro il capo dell'infortunato (per aprire il passaggio dell'aria) ponendogli una mano sotto la nuca mentre con l'altra si fa leva sulla fronte (v. fig. B). 4. Applicare la maschera coprendo il naso e la bocca dell'infortunato avendo cura che lo stesso mantenga la posizione indicata in fig. B (v. fig. C). 5. Dare due lente e profonde insufflazioni ed osservare il sollevamento del torace dell'infortunato. Quando il torace ritorna in posizione naturale, praticare un ciclo regolare di 12-15 insufflazioni per minuto (v. fig. D).



IMPORTANTE: se l'infortunato vomita togliere la maschera, girare da un lato la testa e ripulire la bocca. Prima di riutilizzare la maschera soffiare nella maschera per ripulirla.

MASSAGGIO CARDIACO

Se oltre all'arresto della respirazione si constata anche l'assenza dei battiti del cuore (per ricercare questo segno comprimere con due dita il collo dell'infortunato ai lati del pomo di Adamo) occorre effettuare il massaggio esterno del cuore mediante compressioni ritmiche del torace. Per fare ciò: 1. Applicare le due mani sovrapposte con il palmo rivolto in basso in corrispondenza della parte inferiore dello sterno (v. fig. a lato). 2. Esercitare pressioni ritmiche energiche verticali usufruendo del peso del corpo e staccando ogni volta le mani dal torace per permettergli di espandersi per elasticità. 3. Continuare con un ritmo di 50-60 pressioni al minuto. Il massaggio cardiaco deve essere sempre preceduto dalla respirazione artificiale con insufflazione orale. Pertanto mentre il primo soccorritore pratica la respirazione con maschera oronasale, un secondo effettuerà contemporaneamente un massaggio cardiaco. Nel caso in cui il soccorritore sia solo dovrà comportarsi così: iniziare con 5 massaggi del cuore - effettuare una insufflazione orale - riprendere con altri 5 massaggi - effettuare una insufflazione e così via. Sospendere le manovre di insufflazione soltanto quando l'infortunato avrà ripreso a respirare da solo e le pupille ritorneranno a restringersi: controllare però ancora per qualche tempo se la respirazione spontanea si mantiene. In caso contrario continuare anche durante il trasporto in ospedale e finché subentrino personale sanitario specializzato.



Dopo la ripresa il colpito non deve essere mosso finché non possa respirare normalmente senza assistenza. Egli deve essere esaminato da un medico prima che gli sia permesso di camminare. Non gli deve essere dato nessun stimolante, se non prescritto dal medico. Ricordare ancora la **TEMPESTIVITÀ È ESSENZIALE**.

IN PRESENZA DI USTIONI

1. Iniziare innanzitutto la respirazione artificiale ed eventualmente il massaggio cardiaco se l'infortunato non respira e non presenta attività cardiaca. 2. Non rimuovere i vestiti bruciati e non rompere le vesciche. 3. Non applicare lozioni o pomate. 4. Ricoprire la parte ustionata con garza sterile, asciutta. Trattare in tal modo (ricercando se vi sono) anche le ustioni nei punti di uscita della corrente. 5. Se l'infortunato non ha perso conoscenza ed è in grado di inghiottire, gli si possono dare per bocca 300 gr. di acqua (una scodella) nella quale siano stati disciolti il bicarbonato e il sale da cucina contenuti nelle bustine in dotazione. Se l'infortunato vomita cessare immediatamente la somministrazione del liquido. 6. Trasferire senza indugio l'infortunato all'ospedale.

MEDICI PIÙ VICINI tel.
..... tel.
OSPEDALE PIÙ VICINO tel.
..... tel.
AMBULANZA PIÙ VICINA tel.

**ACCERTARSI PERÒ CHE IL COLPITO
NON TOCCHI ANCORA PARTI IN TENSIONE**

DOCUMENTAZIONE

Prima della connessione con la rete di MT l'utente deve fornire al distributore, relativamente alle caratteristiche dei locali del distributore e misure, la seguente documentazione:

- certificato di agibilità dei locali se costruiti in loco oppure;
- certificato di deposito nel caso di cabina a box prefabbricata;
- dichiarazione rilasciata dal costruttore della rispondenza dei locali alla norma CEI EN IEC 61936-1 oppure, in caso di cabina bassa prefabbricata, di rispondenza alla norma CEI EN IEC 62271-202;
- manuale tecnico contenente:
 - relazione tecnica del fabbricato;
 - disegni esecutivi del locale;
 - schema di impianto e della messa a terra.

DOCUMENTAZIONE

Per la connessione alla rete MT l'utente deve fornire:

- progetto della sezione MT dell'impianto e relativa dichiarazione di conformità (DM 37/08);
- attestato redatto su apposito modulo (Norma CEI 0-16, allegato G) delle regolazioni effettuate sulla PG.

DOCUMENTAZIONE

L'utente deve anche predisporre e conservare la seguente documentazione tecnica di riferimento:

- schema unifilare della sezione MT con indicate le caratteristiche delle apparecchiature (TA, TV, protezioni, interruttori, trasformatori, cavi, ecc.);
- schema di funzionamento del sistema di protezione SPG della logica di protezione e dello sgancio dell'interruttore generale DG;
- descrizione tecnica, manuali, dati di collaudo di: SPG, DG, sorgente di alimentazione dei servizi ausiliari.

2.1 Aspetti generali

I sistemi di II categoria (media tensione) prevedono per la corrente alternata una tensione maggiore di 1.000 V fino ad un massimo di 35.000 V.

In Italia le reti di distribuzione pubblica in MT hanno normalmente tensioni nominali di 15 kV o 20 kV (alcune aree utilizzano: 6 kV, 10 kV, 23 kV).

2.1 Aspetti generali

Le principali caratteristiche nominali di un'apparecchiatura in media tensione sono:

- tensione nominale (U_r) e tensione massima (U_m);
- livello di isolamento (tensione di tenuta a 50 Hz, U_d , e ad impulso U_p);
- corrente nominale (I_r);
- corrente nominale di breve durata ammissibile (I_k);
- durata nominale di cortocircuito (t_k).

2.1 Aspetti generali

I valori unificati delle tensioni nominali U_r e delle tensioni massime U_m sono i seguenti:

Valori nominali [kV]:	3	6	10	15	20	30
Valori massimi [kV]:	3,6	7,2	12	17,5	24	36

2.1 Aspetti generali

La corrente (termica) nominale (I_r) è il valore efficace della corrente che l'apparecchiatura è in grado di condurre continuamente, nelle condizioni di impiego prescritte.

In media tensione i valori normalizzati delle correnti nominali in ampere, sono i seguenti: 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 630 – 800.

2.1 Aspetti generali

La corrente nominale di breve durata I_k è il valore efficace della corrente di cortocircuito che l'apparecchiatura è in grado di condurre per l'intervallo di tempo durata t_k .

I valori normalizzati delle correnti nominali di breve durata in kA sono i seguenti: 8 – 10 – 12,5 – 16 – 20 – 25.

La durata nominale di cortocircuito t_k è normalmente di un secondo; altri valori raccomandati sono: 0,5 s, 2 s, 3 s.

2.2 Trasformatore

Trasformatore a secco in aria o inglobati in resina

Inglobato in resina



In aria



CEI EN 60076-11 (CEI 14-32)
CEI EN 50541-1 (CEI 14-44)



- Ø Più impiegati nelle cabine interne ai siti industriali
- Ø Assenza vasche, serbatoi o muretti di contenimento olio
- Ø Risentono delle condizioni ambientali
- Ø Minore manutenzione
- Ø Limitazione delle perdite nel ferro e nel rame (trasformatori a basse perdite)
- Ø Maggiori costi

Trasformatore in olio



CEI EN 60076-1 (CEI 14-4-1)
CEI EN 60076-2 (CEI 14-4-2)
CEI EN 50464-1 e A1 (CEI 14-34)

- Ø Maggiore manutenzione
- Ø Valutare vasche, serbatoi o muretti di contenimento olio o liquido isolante
- Ø Aumento delle perdite nel ferro del cassone in caso di armoniche
- Ø Minore costo

2.2 Trasformatore

La potenza nominale di un trasformatore S_r è la potenza apparente che il trasformatore può erogare in condizioni di servizio specificate.

$$S_r = \sqrt{3} V_r I_r$$

Valori normalizzati delle potenze dei trasformatori (Norma CEI 14-52, art. 6.2.2).

25 kVA	50 kVA	100 kVA	160 kVA	250 kVA	315 kVA	400 kVA	500 kVA
630 kVA	800 kVA	1.000 kVA	1.250 kVA	1.600 kVA	2.000 kVA	2.500 kVA	3.150 kVA

Perdite del trasformatore

Le perdite a vuoto sono date dalla somma delle perdite nel ferro e delle perdite per effetto Joule nell'avvolgimento primario a vuoto:

$$P_o = P_{Fe} + P_{jo}$$

Le perdite a carico P_k variano con il quadrato della corrente, ma vengono sempre riferite alla corrente nominale.

Le perdite totali sono date dalla somma:

$$P_p = P_o + P_k$$

Perdite a vuoto P_0 nei trasformatori in olio fino a 24 kV (tabella tratta dalla Norma CEI 14-52).

POTENZA NOMINALE S_r (kVA)	CATEGORIA		
	AAA ₀	AA ₀	A ₀
	P_0 (W)	P_0 (W)	P_0 (W)
≤ 25	35	63	70
50	45	81	90
100	75	130	145
160	105	189	210
250	150	270	300
315	180	324	360
400	220	387	430
500	260	459	510
630	300	540	600
800	330	585	650
1.000	390	693	770
1.250	480	855	950
1.600	600	1.080	1.200
2.000	730	1.305	1.450
2.500	880	1.575	1.750
3.150	1.100	1.980	2.200

Perdite a carico P_k nei trasformatori in olio fino a 24 kV (tabella tratta dalla Norma CEI 14-52).

POTENZA NOMINALE S_r (kVA)	CATEGORIA			$U_{cc} \%$
	A_k	B_k	C_k	
	P_k (W)	P_k (W)	P_k (W)	
≤ 25	600	725	900	4%
50	750	875	1.100	
100	1.250	1.475	1.750	
160	1.750	2.000	2.350	
250	2.350	2.750	3.250	
315	2.800	3.250	3.900	
400	3.250	3.850	4.600	
500	3.900	4.600	5.500	
630	4.600	5.400	6.500	
800	6.000	7.000	8.400	6%
1.000	7.600	9.000	10.500	
1.250	9.500	11.000	-	
1.600	12.000	14.000	-	
2.000	15.000	18.000	-	
2.500	18.500	22.000	-	
3.150	23.000	27.500	-	

Rendimento

Il rendimento di un trasformatore è il rapporto tra la potenza attiva (o potenza utile P_u) resa al secondario e la potenza attiva totale assorbita dal primario

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + \Sigma \text{potenza persa}}$$

Esempio

Un trasformatore in olio da 630 kVA, categoria A₀ funziona all'80% del carico nominale con $\cos \varphi = 0,95$.

Calcolo del rendimento:

$$P_o = 0,60 \text{ kW}$$

$$P_k = 6,5 \text{ kW}$$

$$P_u = 630 \times 0,80 \times 0,95 = 478,80 \text{ kW}$$

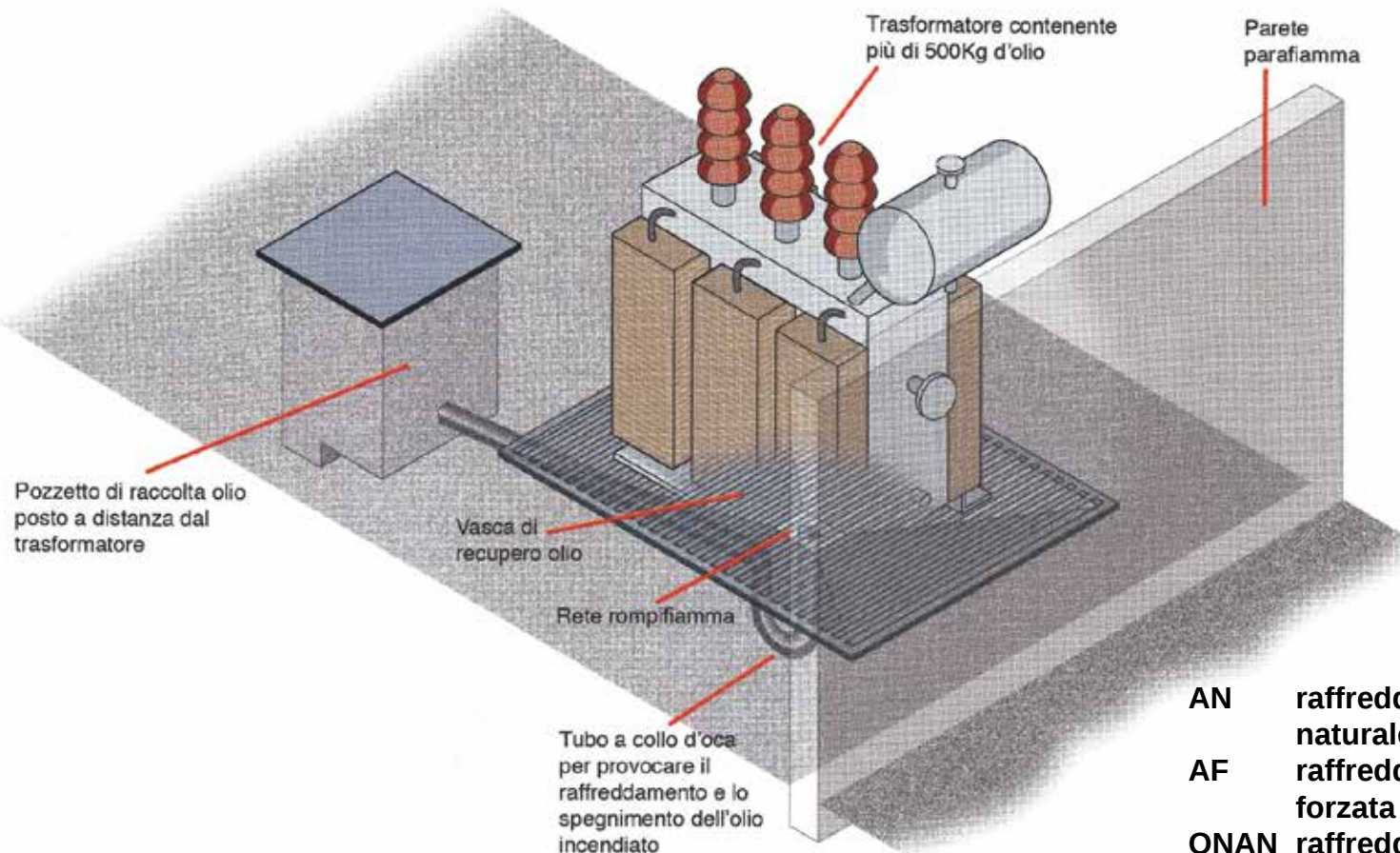
$$\eta = \frac{478,80}{478,80 + 0,60 + 6,5 \times 0,80^2} = 0,9948$$

Raffreddamento

Il modo utilizzato per smaltire il calore dovuto alle perdite è identificato da una sigla composta da lettere.

- **Prima lettera:** mezzo refrigerante interno, in contatto con gli avvolgimenti:
 - O = olio minerale o liquido isolante con temperatura di combustione $\leq 300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - K = liquido isolante con temperatura di combustione $> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - L = liquido isolante con temperatura di combustione non misurabile.
- **Seconda lettera:** tipo di circolazione dell'olio
 - N = circolazione naturale;
 - F = circolazione forzata;
 - D = circolazione forzata e guidata.
- **Terza lettera:** mezzo refrigerante esterno, sull'involucro:
 - A = aria;
 - W = acqua.
- **Quarta lettera:** tipo di circolazione del mezzo refrigerante, sull'involucro esterno:
 - N = circolazione naturale;
 - F = circolazione forzata.

Raffreddamento



- AN** raffreddamento a circolazione naturale d'aria;
- AF** raffreddamento a circolazione forzata d'aria;
- ONAN** raffreddamento a circolazione naturale di olio e di aria;
- ONAF** raffreddamento a circolazione forzata di olio e naturale di aria
- OFAF** raffreddamento a circolazione forzata di olio e di aria

Tensione e corrente di cortocircuito

La tensione di cortocircuito v_{cc} è il valore di tensione con il quale si deve alimentare il primario, affinché nell'avvolgimento del secondario, chiuso in cortocircuito, circoli la corrente nominale I_r .

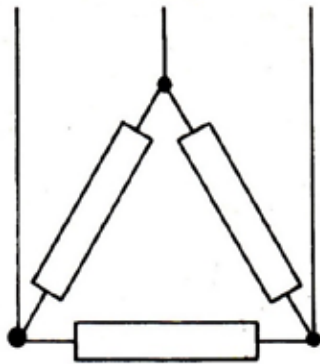
In tale ipotesi di funzionamento la corrente di cortocircuito trifase I_k al secondario di un trasformatore di potenza S_r e tensione secondaria V_r vale:

$$I_k = \frac{100}{v_{cc}} \cdot \frac{S_r}{\sqrt{3} V_r} = \frac{100}{v_{cc}} I_r$$

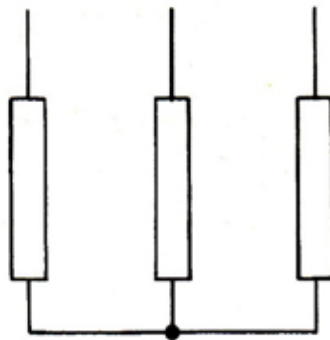
Normalmente i trasformatori MT/BT vengono costruiti per essere installati in impianti con potenza di cortocircuito (pari a $\sqrt{3} V_r I_k$) fino a 500 MVA e per sopportare la corrente di cortocircuito al secondario per un tempo di 2 s.

Gruppi

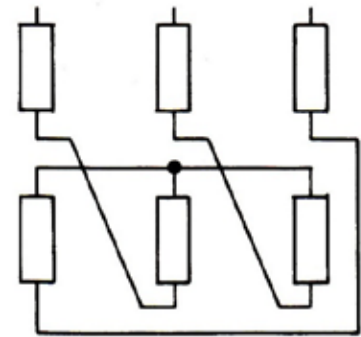
Gli avvolgimenti primari e secondari delle fasi dei trasformatori possono essere collegati tra loro a:



Triangolo



Stella



Zig-zag

Gruppi

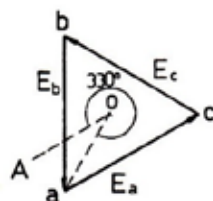
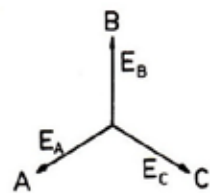
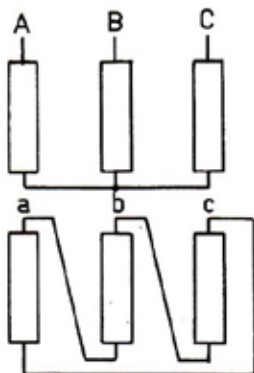
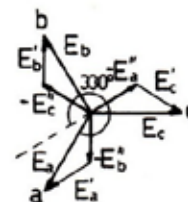
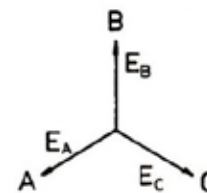
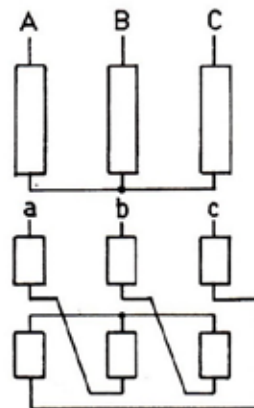
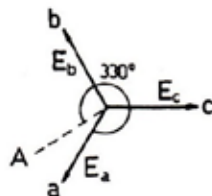
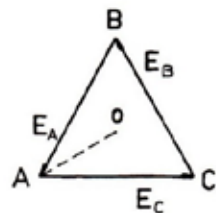
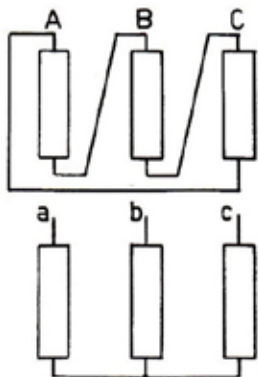
Lo sfasamento delle tensioni primarie (in anticipo) rispetto alle tensioni secondarie è espresso in multipli di 30° .

Considerando lo spostamento angolare della bassa, rispetto all'alta tensione, i ritardi possibili sono: 0° , 30° , 60° , 90° , 120° , 150° , 180° , 210° , 240° , 270° , 300° , 330° , 360° .

I collegamenti che comportano lo stesso sfasamento (in senso orario) formano un gruppo.

Nella successiva slide viene mostrato il collegamento del gruppo 11 che è quello generalmente utilizzato in Italia.

L'appartenenza di un trasformatore ad un ben identificato gruppo assume un'importanza fondamentale nel caso si debba realizzare il parallelo tra due macchine.



Gruppo 11: spostamento angolare 330°

Trasformatori in olio

I trasformatori in olio possono essere con o senza conservatore.

Nei primi il conservatore funge da vaso di espansione dell'olio e l'aria che entra nel conservatore viene fatta passare attraverso un filtro (silica-gel) che assorbe l'umidità. Il silica-gel deve essere periodicamente sostituito.

Nei trasformatori senza conservatore (sigillati) il riempimento dell'olio è effettuato sotto vuoto per eliminare tutta l'aria interna.



Trasformatori a secco

Possono essere di tipo aperto (o in aria), oppure di tipo inglobato in resina.

La Norma CEI 14-32 classifica i trasformatori a secco in base a:

- presenza di condensa nell'ambiente (classe ambientale);
- temperatura ambiente (classe climatica);
- comportamento al fuoco (classe di comportamento al fuoco).



In esecuzione a giorno IP00.

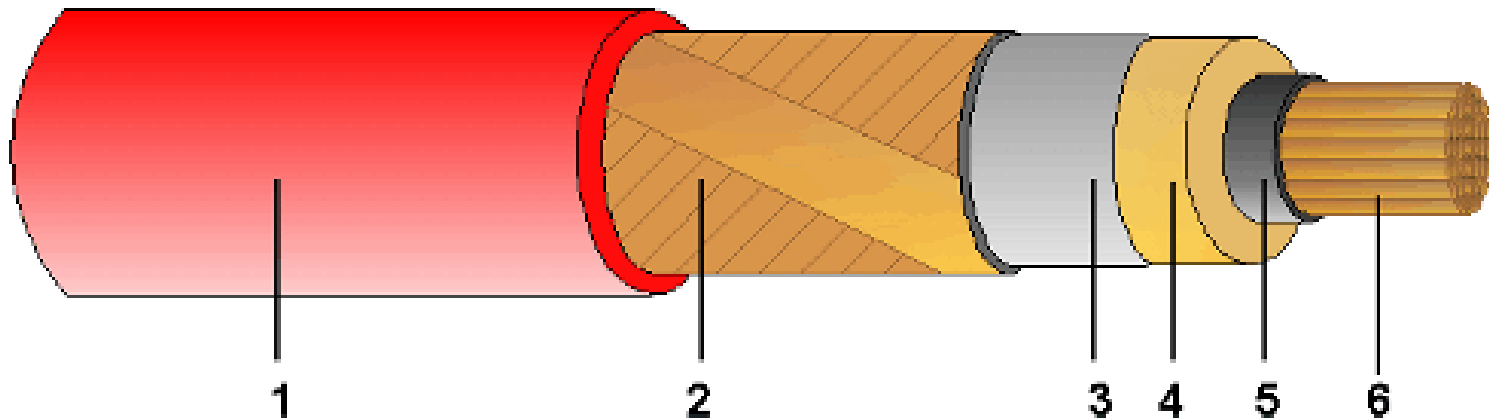
Parallelo tra trasformatori

Le condizioni necessarie perché sia possibile realizzare il parallelo sono:

- I trasformatori devono essere costruiti per la stessa frequenza, per la stessa tensione primaria e secondaria, devono avere quindi lo stesso rapporto a vuoto;
- I morsetti secondari dei trasformatori, che si collegano con la stessa sbarra secondaria, devono essere morsetti corrispondenti o di uguale polarità (stesso gruppo);
- La tensione di cortocircuito v_{cc} deve essere la stessa.

2.3 Cavi

2.3.1 Cavi di media tensione



1 – Guaina esterna

2 – Schermo metallico

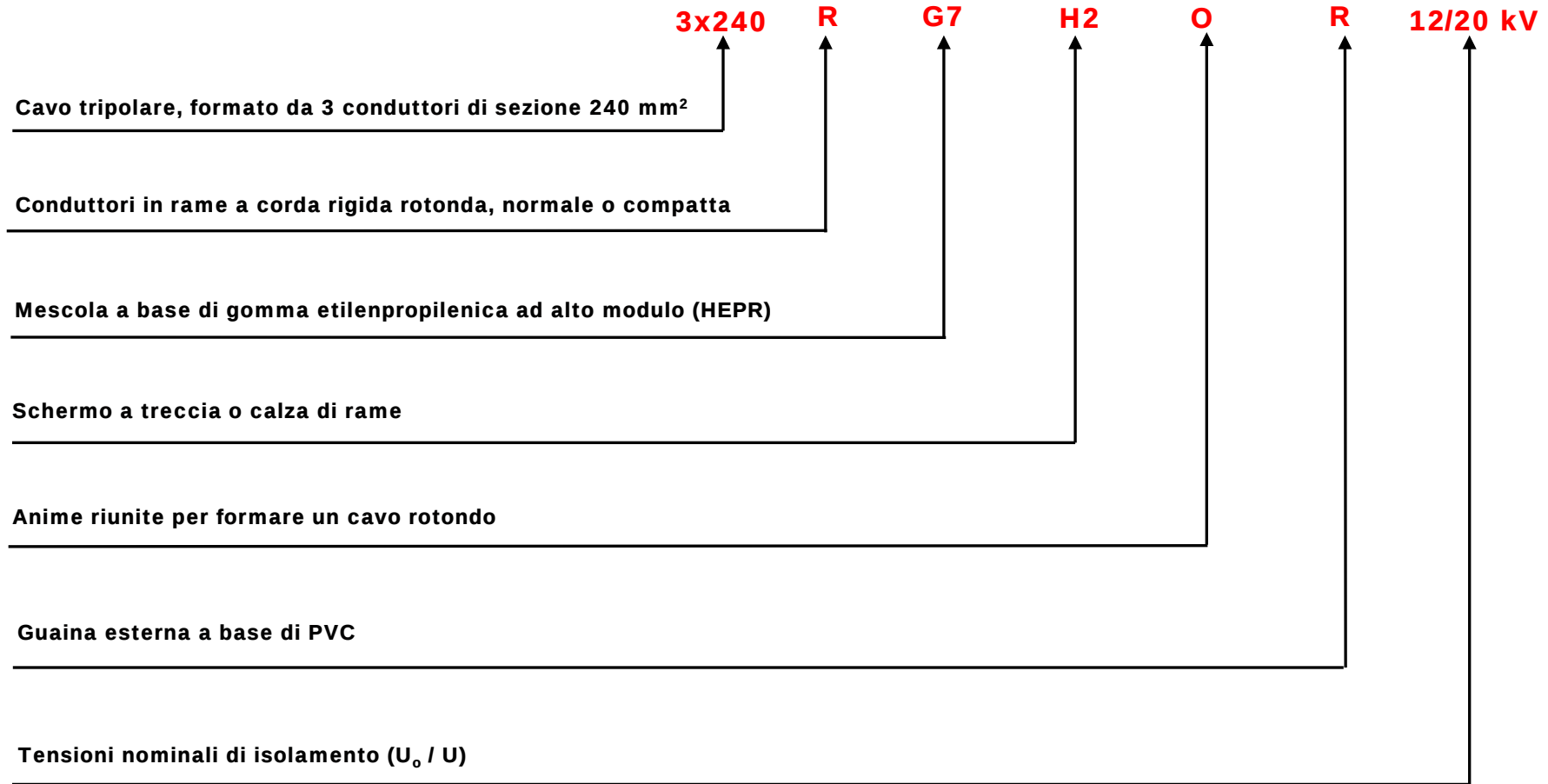
3 – Semiconduttivo esterno

4 – Isolante

5 – Semiconduttivo interno

6 – Conduttore

Cavi di media tensione



Cavi di media tensione

La guaina esterna dei cavi di media tensione è di colore rosso.

Ogni 55 cm vengono stampigliati nome del costruttore (o marchio di fabbrica), il contrassegno di comportamento al fuoco e l'eventuale marchio di qualità.

I cavi unipolari di uno stesso circuito devono essere posati nello stesso involucro (se metallico) per evitare fenomeni induttivi di riscaldamento.

I cavi di media tensione possono essere posati assieme ai cavi di bassa tensione.

CAVI CPR PER MEDIA TENSIONE

N O R M A I T A L I A N A C E I

Norma Italiana

CEI 20-13;V3

Data Pubblicazione

2018-10

Titolo

Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 kV a 30 kV



CAVI CPR PER MEDIA TENSIONE

<i>Tipologie di cavi MT</i>	<i>Classe di reazione al fuoco</i>
(A)RG16H1(0)M20	B2 _{ca} -s1a,d1,a1
(A)RG26H1(0)M16	C _{ca} -s1b,d1,a1
(A)RG16H1(0)M16	C _{ca} -s1b,d1,a1
(A)RG16H1(0)R16	C _{ca} -s3,d1,a3
(A)RG16H1(0)R12	E _{ca}

Cavi di media tensione

MODALITA' DI POSA

```
graph TD; A[MODALITA' DI POSA] --> B[IN ARIA]; A --> C[INTERRATA (diretta)]; A --> D[INTERRATA (indiretta)];
```

IN ARIA

Tubo o canale se a portata di mano (fino a 2,5 m di altezza); diametro interno del tubo $\geq 1,4$ volte diametro cavo o cerchio circoscritto dei cavi.

INTERRATA (diretta)

Per cavi armati posa diretta fino a 0,6 m senza protezione. Per cavi non armati lastra o tegolo di protezione. Posa su letto di 10 cm di sabbia.

INTERRATA (indiretta)

Posa in tubo, condotto o cunicolo. Non è richiesta una profondità minima di posa, né protezione meccanica. Diametro interno $\geq 1,4$ volte diametro cavo o cerchio circoscritto di cavi.

Cavi di media tensione

Soluzione con condotti sbarre



L'impiego dei condotti sbarre (blindosbarre) è diffuso per le cabine per interno.

Non richiede predisposizione di cavedi e pertanto si possono predisporre i componenti della cabina senza i vincoli imposti dai cavedi.

I condotti sbarre, soprattutto per potenze elevate, sono una soluzione più compatta e meno ingombrante.

Cavi in media tensione

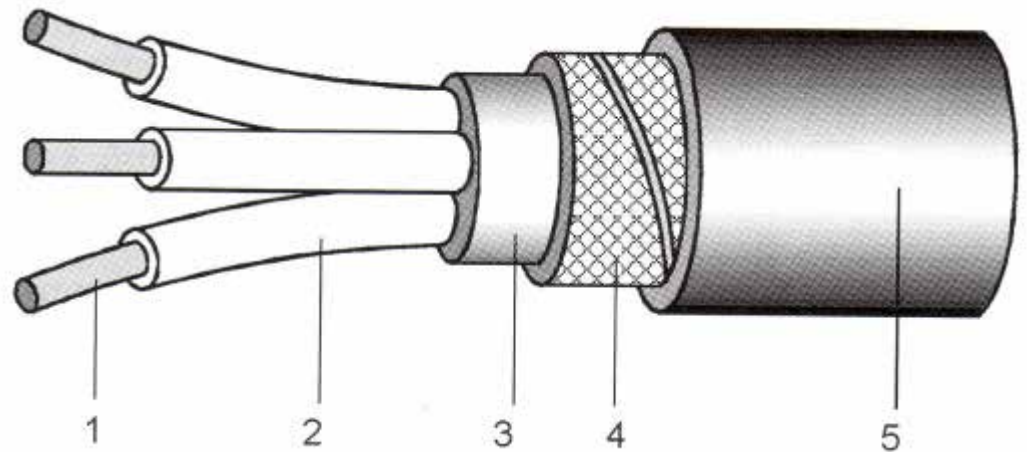
Soluzione con condotti sbarre

Installazione	Vantaggi	Svantaggi
Cavo	1. Flessibilità 2. Reperibilità diretta 3. Minori perdite in linea a carico	1. Necessità di cavedi 2. Predisposizione di vie in parallelo 3. Resistenza al fuoco
Condotto sbarre	1. Resistenza al fuoco 2. Resistenza al sovraccarico e corto circuito 3. Basse emissioni elettromagnetiche	1. Necessaria la progettazione meccanica del costruttore 2. Maggiori perdite in linea a carico

2.3.2 Cavi di bassa tensione

STRUTTURA DEI CAVI:

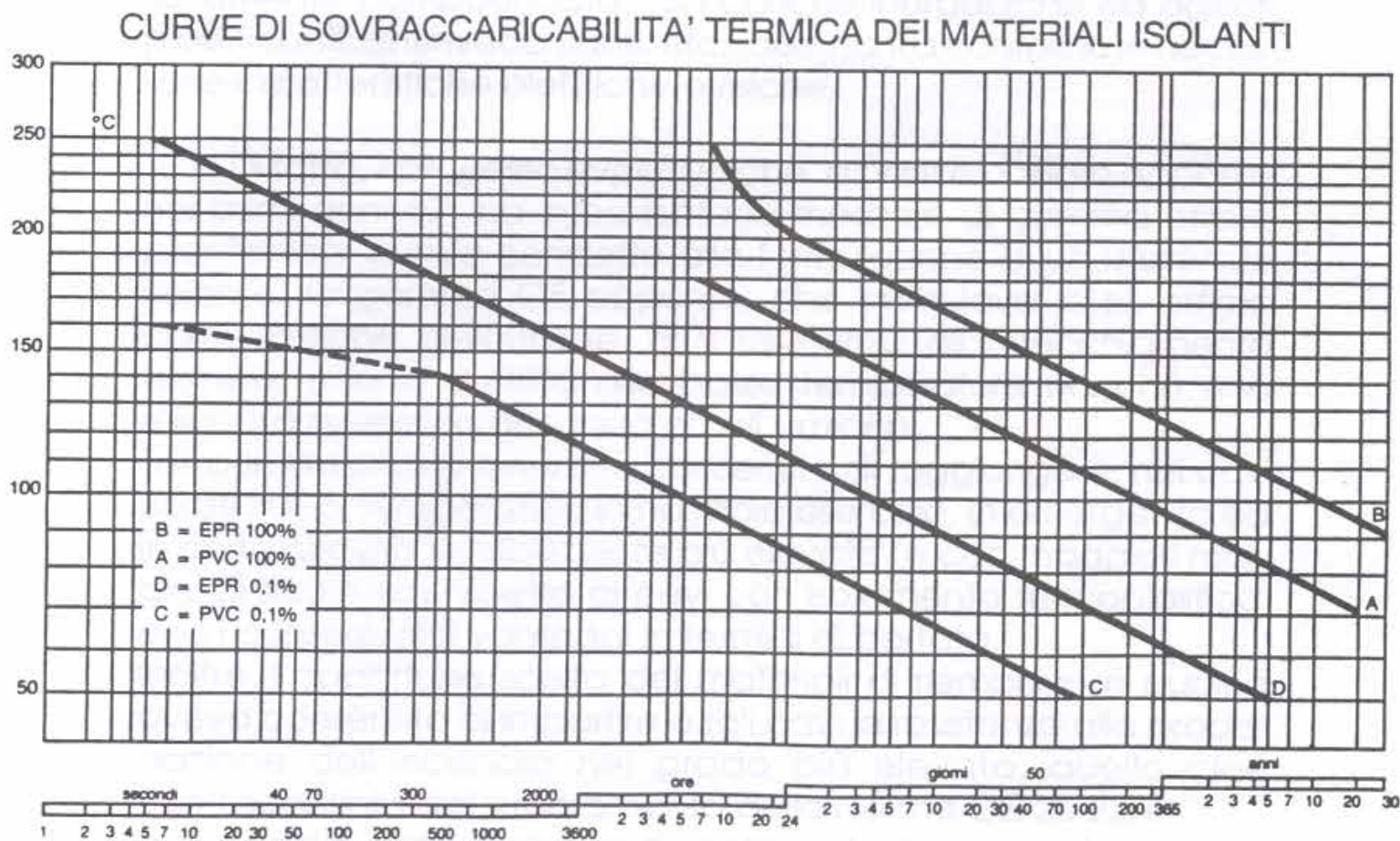
- materiale conduttore
- formazione del conduttore
- materiale isolante
- guaina



1 - conduttore
2 - isolante
3 - guaina protettiva

4 - armatura metallica
5 - guaina esterna

Cavi di bassa tensione – vita convenzionale



Cavi di bassa tensione – comportamento al fuoco



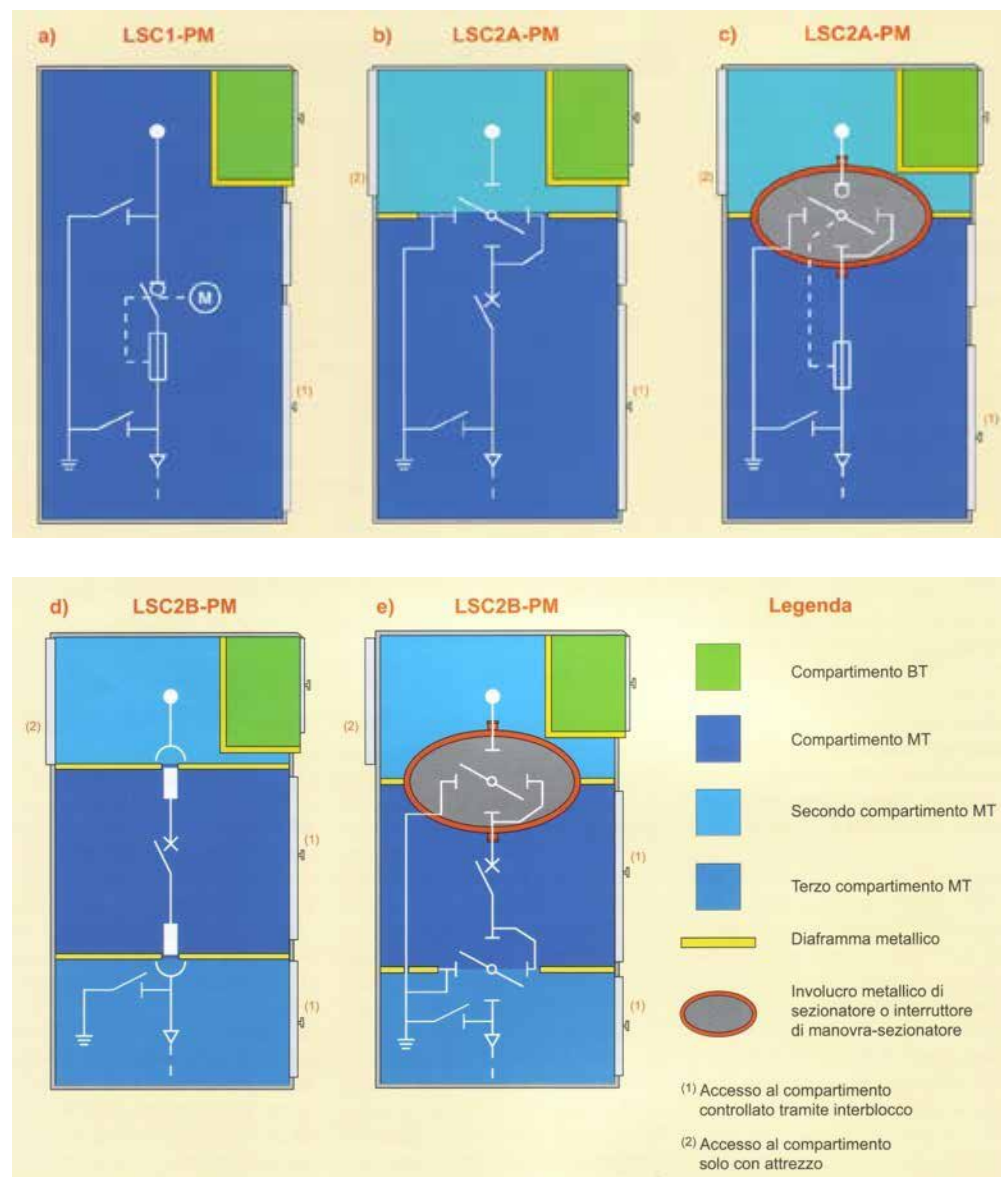
Quadro MT

La Norma di riferimento per i quadri di media tensione è la EN 60298 (CEI 17-6, V edizione) dal titolo "Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV".

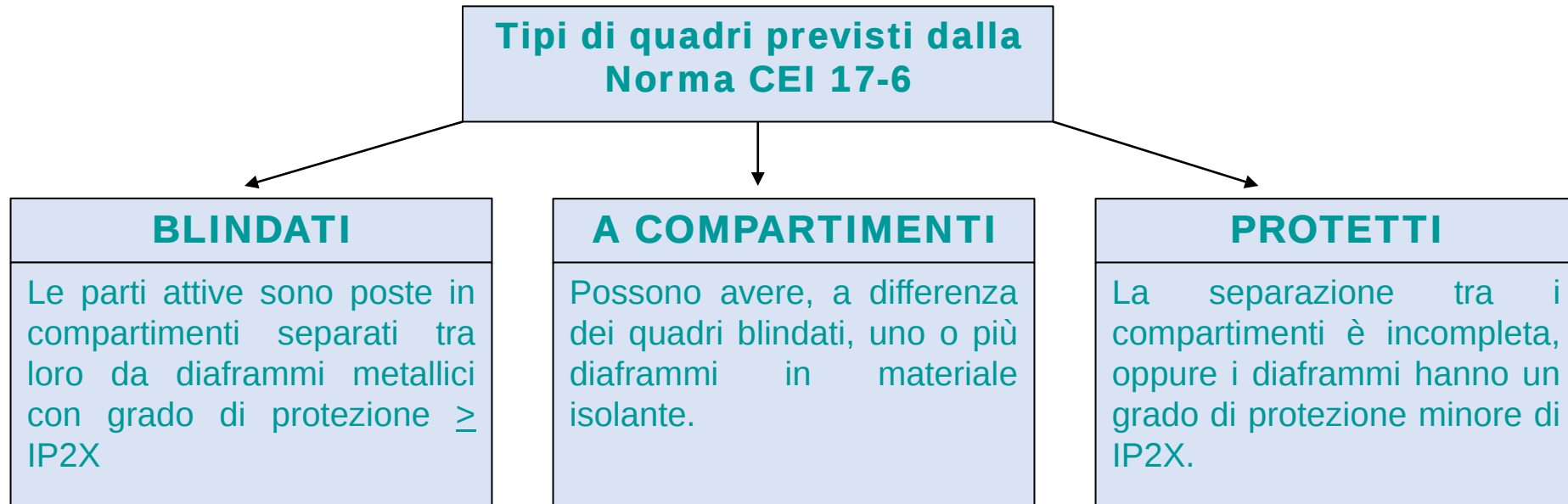
Un quadro di media tensione è composto da più unità funzionali, ciascuna delle quali può comprendere più compartimenti; la norma individua quattro tipi di compartimenti.

Esempi di unità funzionali di quadri MT isolati in aria e relativa classificazione secondo la norma EN 62271-200:

- a) Unità con un unico compartimento di media tensione per sbarre MT, dispositivi di protezione e terminazioni dei cavi (LSC1-PM);
- b) Unità con due compartimenti di media tensione (LSC2A-PM): uno per le sbarre MT, l'altro per dispositivi di protezione e terminazioni dei cavi (sezionatore in aria);
- c) Unità con due compartimenti di media tensione (LSC2A-PM): uno per le sbarre MT, l'altro per dispositivi di protezione e terminazione dei cavi (interruttore di manovra-sezionatore);
- d) Unità con tre compartimenti di media tensione (LSC2B-PM): il primo per le sbarre MT, il secondo per dispositivi di protezione, il terzo per le terminazioni dei cavi (interruttore estraibile, con otturatori metallici);
- e) Unità con tre compartimenti di media tensione (LSC2B-PM) il primo per le sbarre MT, il secondo per dispositivi di protezione, il terzo per le terminazioni dei cavi (sezionatore).



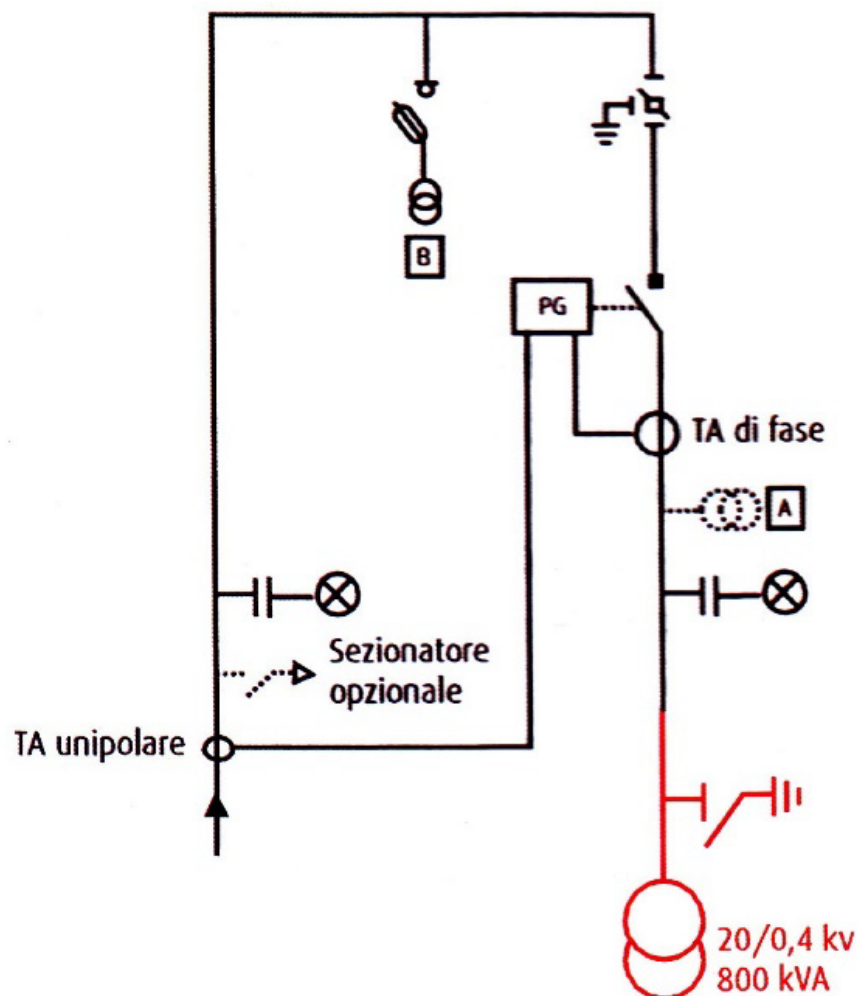
Quadro MT



Quadro MT

L'apparecchio di protezione ammesso dalle regole tecniche di connessione (CEI 0-16) per realizzare la funzione di Dispositivo Generale è l'interruttore di media tensione.

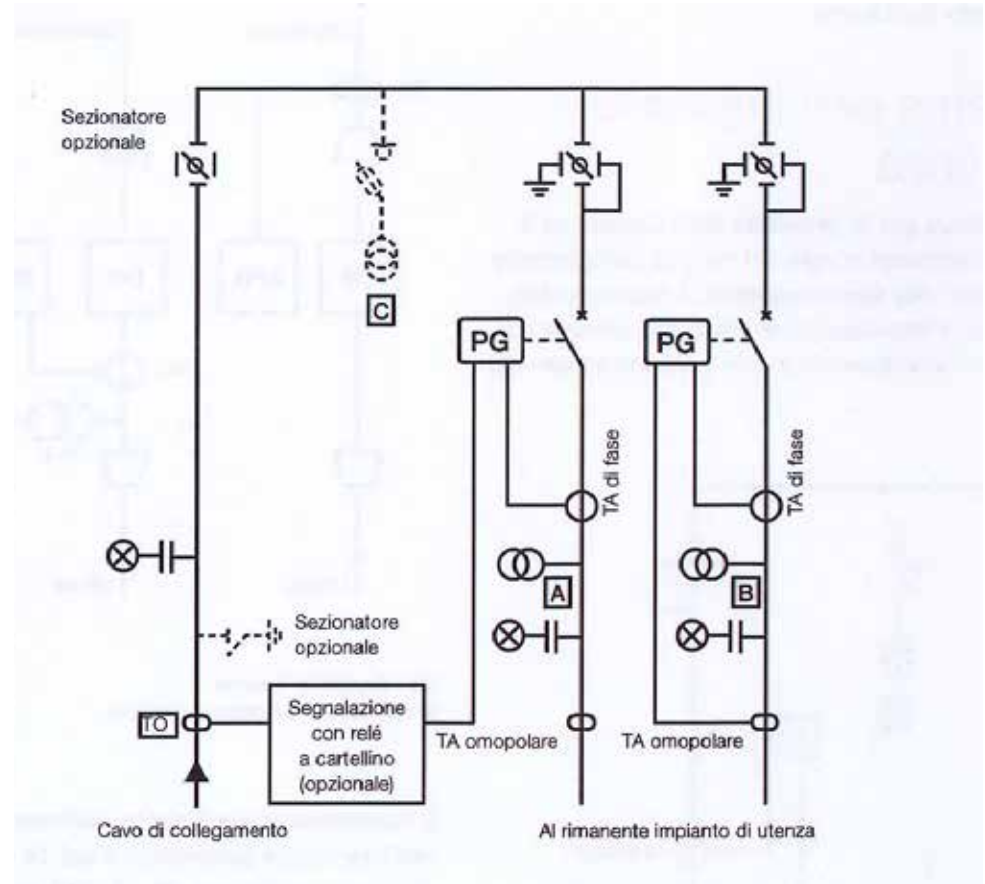
È importante ricordare che allo schema generale previsto al capitolo 8 della Norma CEI 0-16 dovrà essere aggiunto un sezionatore di terra per permettere la messa a terra del cavo che collega il DG con il trasformatore.



Schema connessione con sezionatore di terra lato carico

Quadro MT

La Norma prevede un secondo caso: in un impianto MT con due soli montanti MT, è possibile omettere il Dispositivo Generale (DG) qualora le funzioni normalmente attribuite al DG siano assolve dagli interruttori attestati alla sbarra Utente (dispositivi generali di linea).

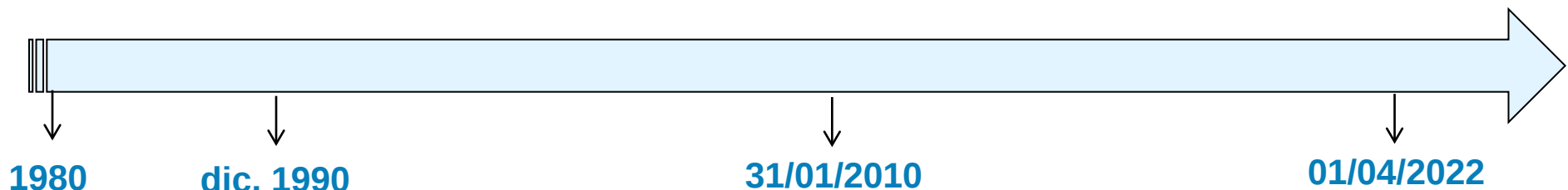


2.5 Quadro generale di BT

È soggetto alla Norma CEI EN 61439-2 "Quadri di potenza" che deve essere utilizzata unitamente alla Norma CEI EN 61439-1 "Regole generali".



QUADRI ELETTRICI: evoluzione normativa



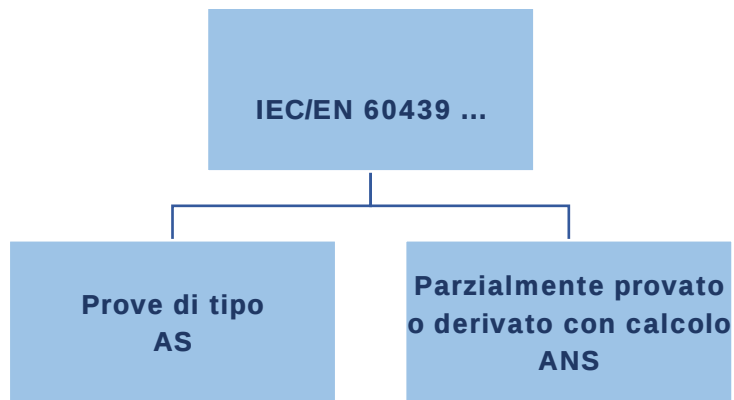
ACF

Dalle precedenti Norme 60439 alle nuove CEI EN 61439

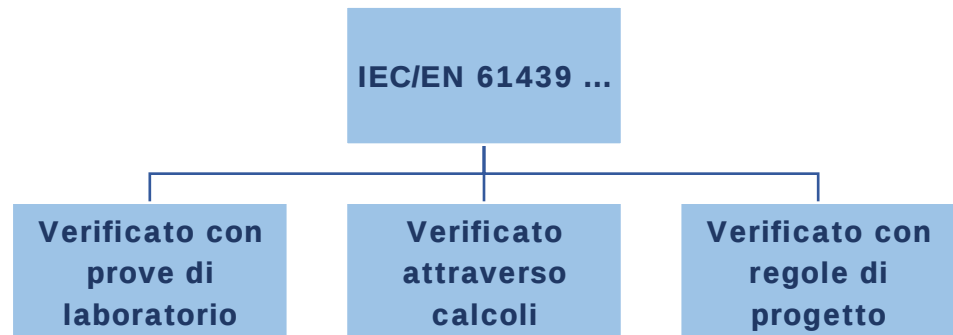
IEC 60439-1	IEC 61439-1 regole generali
	IEC 61439-2 quadri di potenza
IEC 60439-3	IEC 61439-3 quadri di distribuzione
IEC 60439-4	IEC 61439-4 quadri per cantiere
IEC 60439-5	IEC 61439-5 quadri per reti pubbliche
IEC 60439-6	IEC 61439-6 condotti sbarre
	IEC 61439-7 quadri per applicazioni specifiche

QUADRI ELETTRICI: nuovi modi di verifica

norma precedente



norma attuale



QUADRI ELETTRICI

Targhe

Ogni apparecchiatura assiemata deve essere provvista di una targa recante:

- a) nome o marchio di fabbrica del costruttore ⁽¹⁾;
- b) matricola o altro codice univoco;
- c) data di costruzione;
- d) norma di riferimento.

⁽¹⁾ La norma precisa che *“come costruttore del quadro viene considerata quella organizzazione che si assume la responsabilità del quadro finito”*.

L'articolo 3.10.1 identifica altresì il costruttore originale *“nell'organizzazione che ha effettuato il progetto originale e le verifiche associate di un quadro in accordo con la Norma applicabile”*.

Relè e trasformatori di protezione

La protezione contro le sovracorrenti sulle fasi del sistema viene attuata tramite un relè di massima corrente con tre diverse soglie:

- I > sovraccarico (51)
- I >> con ritardo intenzionale (51)
- I >>> istantanea, ovvero senza ritardo intenzionale (50)

Nota: i numeri 50 e 51 tra parentesi sono quelli adottati dal codice ANSI/IEEE per definire le funzioni dei relè impiegati a vario titolo nelle apparecchiature.

Relè e trasformatori di protezione

I relè di massima corrente (50 e 51) generalmente impiegati negli impianti utilizzatori a media tensione sono statici (di tipo elettronico) ad inserzione indiretta, con 2 o 3 soglie di intervento, a tempo indipendente (istantaneo o ritardato), oppure a tempo dipendente (a tempo inverso).

I relè di massima corrente devono essere scelti tenendo conto delle caratteristiche del circuito da proteggere e del coordinamento selettivo delle protezioni.



Altri relè di protezione

- dispositivo termico di protezione (26);
- relè di minima tensione (27);
- relè di massima corrente a tempo inverso (51);
- relè di massima corrente istantaneo (50) e ritardato (51);
- relè di massima corrente omopolare ritardato (51N);
- relè direzionale di massima corrente (67N);
- relè di richiusura in corrente alternata (79).

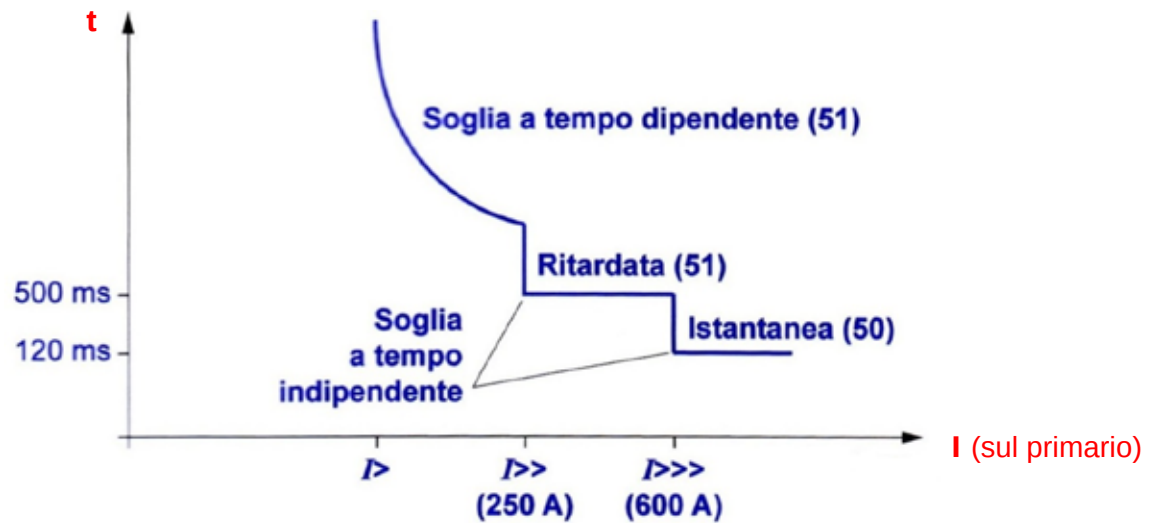
Nota: i numeri tra parentesi sono i codici ANSI/IEEE che identificano i vari relè

Relè di protezione

I>	Protezione di massima corrente di fase: prima soglia (attivazione opzionale)	Da concordare con il Distributore
I>>	Protezione di massima corrente di fase: seconda soglia	≤ 250 A, tempo di estinzione sovracorrente ≤ 500 ms
I>>>	Protezione di massima corrente di fase: terza soglia	≤ 600 A, tempo di estinzione sovracorrente ≤ 120 ms
Io>	Protezione di massima corrente omopolare prima soglia (impiegata solo in assenza della 67N) Per reti con neutro isolato	≤ 2 A, tempo di estinzione del guasto ≤ 170 ms
	Per reti con neutro compensato	≤ 2 A, tempo di estinzione del guasto ≤ 450 ms
Io>>	Protezione di massima corrente omopolare Per reti con neutro isolato (impiegata solo con presenza 67N.S2)	valore 140% della corrente di guasto monofase a terra comunicata dal Distributore; tempo di estinzione del guasto: ≤ 170 ms
	Per reti con neutro compensato (sempre presente anche con 67N)	valore 140% della corrente di guasto monofase a terra comunicata dal Distributore (tipicamente, 70 A reti a 20 kV e 56 A per reti a 15 kV); tempo di estinzione del guasto: ≤ 170 ms
Io-> S1	Protezione direzionale di terra soglia 67N.S1 (selezione guasti a terra in regime di neutro compensato)	Io: 2 A, Uo: 5 V; settore di intervento (ritardo di Io rispetto a Uo): $60^\circ \div 250^\circ$; tempo di estinzione del guasto: ≤ 450 ms;
Io-> S2	Protezione direzionale di terra soglia 67N.S2 (selezione guasti a terra in regime di neutro isolato)	Io: 2 A, Uo: 2 V; settore di intervento (ritardo di Io rispetto a Uo): $60^\circ \div 120^\circ$; tempo di estinzione del guasto: 170 ms;

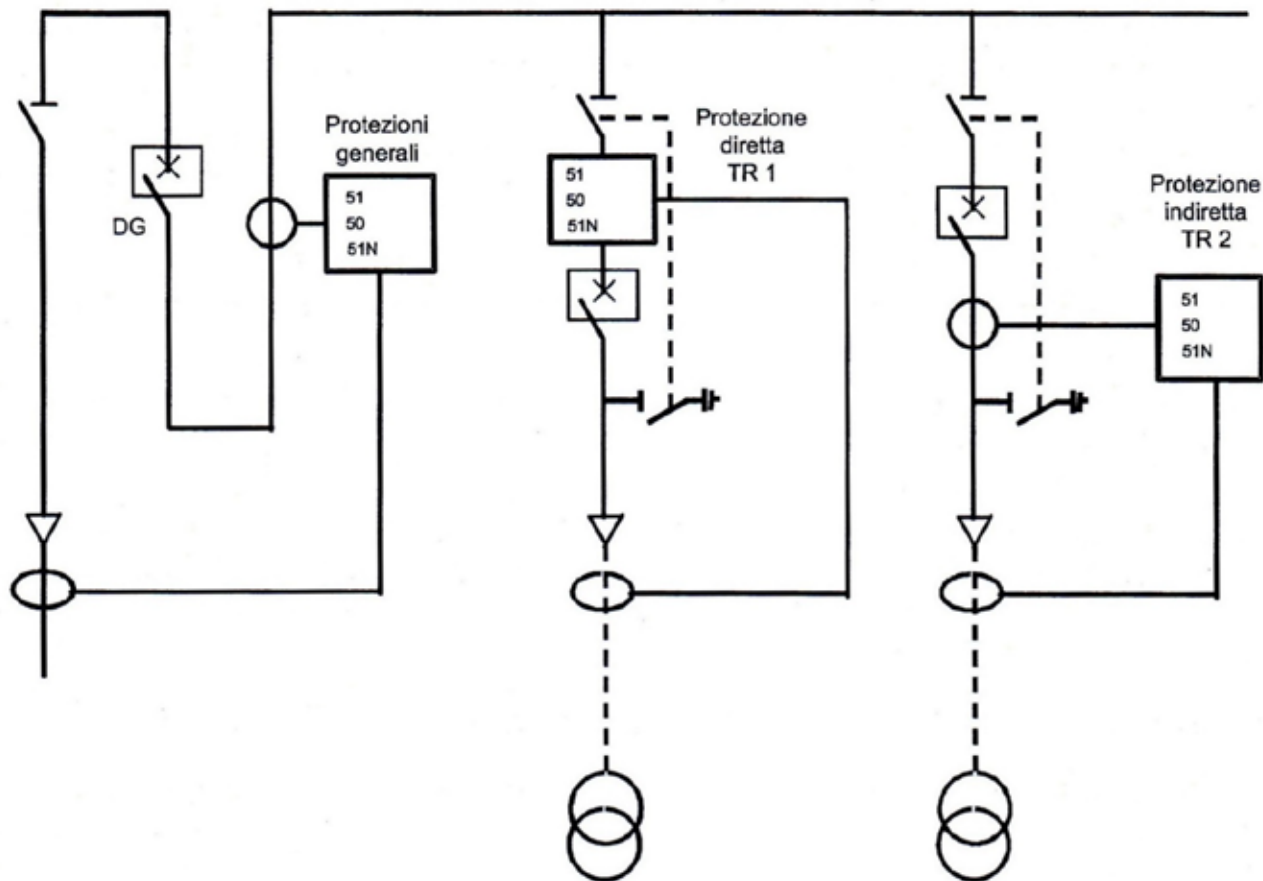
Relè e trasformatori di protezione

L'utente, nell'impostare le tarature, non può superare i valori indicati dal distributore; quest'ultimo non può richiedere tarature inferiori a quelle indicate nel diagramma.



2.10 Esempio

Impianto con due trasformatori nella stessa cabina. L'esempio è sviluppato per fasi successive in modo da pervenire al grafico completo delle regolazioni, aggiungendo di volta in volta le varie curve.



Esempio – Dati dell'impianto

Trasformatori 20/0,4 kV

potenza nominale: $S_{rT} = 1.000 \text{ kVA}$

tensione di cortocircuito: $u_{kr} = 6\%$

corrente nominale primaria: $I_{rT1} = 28,9 \text{ A}$

corrente nominale secondaria: $I_{rT2} = 1.443 \text{ A}$

corrente di inserzione: $I_i = 10 \cdot I_n = 289 \text{ A}$

costante di tempo inserzione: $T_i = 0,35 \text{ s}$

andamento della corrente di inserzione $I(t) = (I_i/\sqrt{2}) \cdot e^{(-t/T)}$

Corrente di cortocircuito lato sbarre di cabina BT:

tensione nominale: $U_r = 400 \text{ V}$

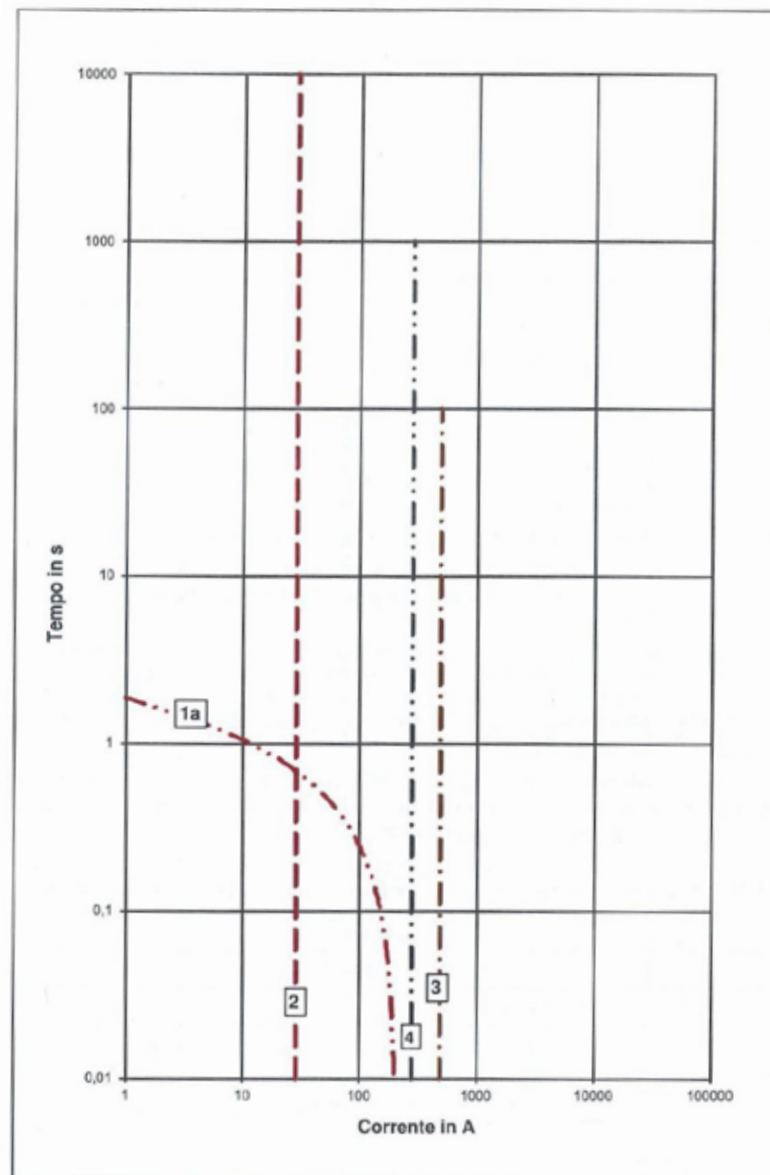
corrente di corto circuito al secondario di uno dei TR, $I''_{kLV} = (100 \cdot I_{rT2}) / u_{kr}\% = 24,0 \text{ kA}$ corrispondente a $I''_{kMT} = 481 \text{ A}$ riferiti a 20 kV primari.

Esempio

Il grafico, in scala logaritmica, riporta la curva di inserzione di un trasformatore da 100 kVA e le sue correnti nominali e di cortocircuito, lato BT, tutte riferite al primario.

Legenda

- Curva 1a : Curva di inserzione del TR1/TR2 da 1000 kVA
- Curva 2 : Corrente Nominale del TR1/TR2 pari a 28,9 A
- Curva 3 : Corrente di cortocircuito lato BT riportato al primario pari a 481 A
- Curva 4 : Corrente di terra lato BT riportato al primario pari a 277,5 A



Esempio – dati forniti dal distributore

Oggetto: Informazioni riguardanti la rete di alimentazione del Distributore per il dimensionamento delle apparecchiature, la taratura dei dispositivi di protezione, il progetto e la verifica dell'impianto di terra relativi alla fornitura:

Ditta: xxxxxxxx – Cabina xxxxxx - Via xxxxxxxx – xxxxx

Con riferimento alla vostra richiesta del xx.xx.xxxx rendiamo noto che:

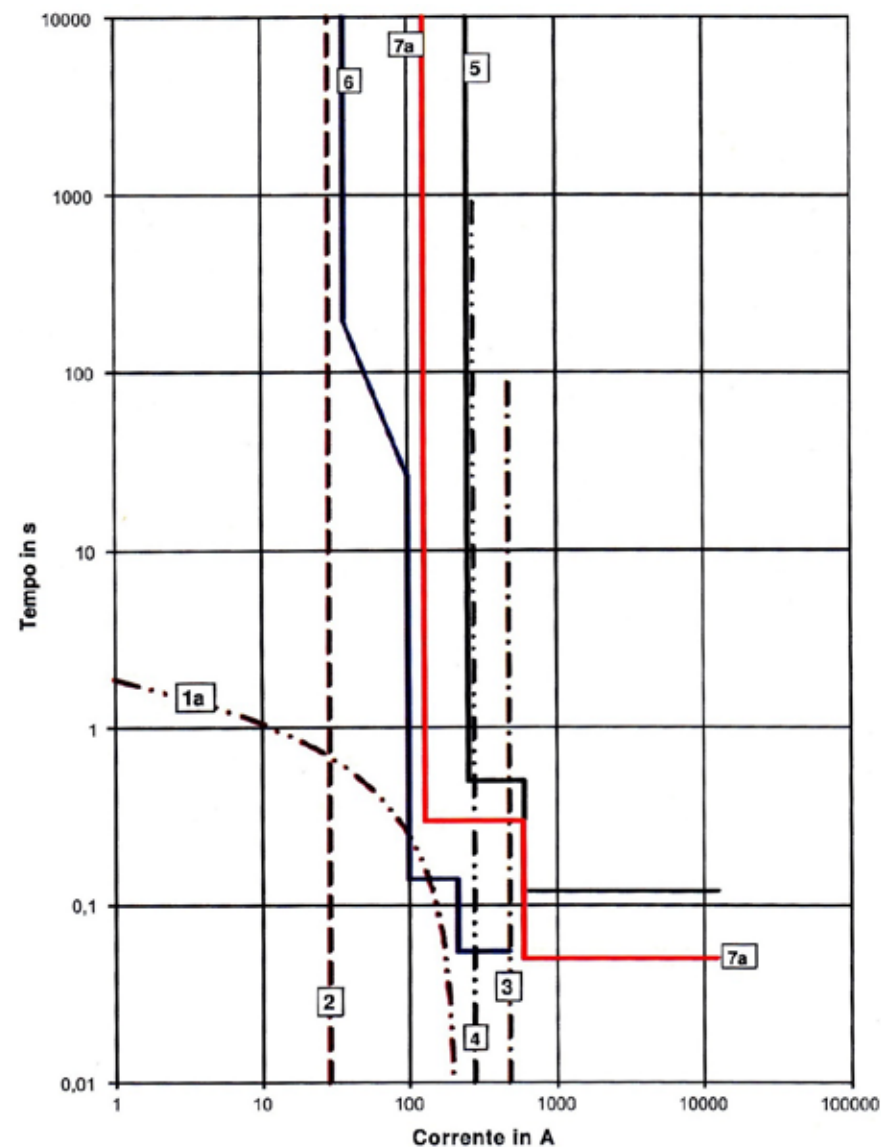
- 1) il vostro impianto di terra è compensato
- 2) la cabina in oggetto è alimentata dalla linea MT "xxxxx" in partenza dalla Cabina Primaria di "xxxxx";
- 3) presenta le seguenti caratteristiche
 - Tensione nominale: $20 \text{ kV} \pm 10\%$
 - Frequenza nominale: $50 \text{ Hz} \pm 1\%$ (95% dell'anno)
 - Corrente di cortocircuito trifase: 12,5 kA
 - Stato del neutro: compensato
 - Corrente di guasto monofase a terra: 50 A
 - Tempo di eliminazione del guasto monofase a terra: 10 s
 - Tempo di eliminazione del doppio guasto a terra: $< 0.2 \text{ s}$
 - Caratteristiche dell'alimentazione MT: Conformi alla Norma CEI EN 50160

È utile sottolineare che il valore della corrente di guasto monofase a terra ed il relativo tempo di eliminazione del guasto sopra indicati, possono subire variazioni per effetto dell'evoluzione della rete di distribuzione; pertanto, nel controllare periodicamente il Vostro impianto di terra, si dovrà tener conto dei nuovi parametri comunicati secondo la Norma CEI 0-16.

Esempio

Legenda

- Curva 1a : Curva di inserzione del TR1/TR2 da 1000 kVA
- Curva 2 : Corrente Nominale del TR1/TR2 pari a 28,9 A
- Curva 3 : Corrente di cortocircuito lato BT riportato al primario pari a 481 A
- Curva 4 : Corrente di terra lato BT riportato al primario pari a 277,5 A
- Curva 5 : Limiti massimi di regolazione e tempi di eliminazione del guasto (Norma CEI 0-16)
- Curva 6 : Regolazione dell'interruttore arrivo 400 V riportato al primario del TR1/TR2
- Curva 7a : Regolazione della protezione sull'interruttore a 20 kV del TR1/TR2



2.11 Impianto di terra

Valgono le Norme CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522; quest'ultima, in particolare, per la rete di terra.

Il valore della corrente di guasto monofase a terra e il tempo di eliminazione del guasto devono essere comunicati dal distributore all'utente in occasione della richiesta di connessione, mentre il dispersore unico, relativo all'impianto di consegna e all'impianto di utenza per la connessione, deve essere progettato e realizzato a cura dell'utente, sulla base delle informazioni vincolanti fornite dal distributore relativamente alla disposizione delle masse, delle masse estranee, delle apparecchiature, degli edifici e di ogni altro elemento che influenzi le tensioni di contatto e di passo nell'impianto di consegna e nell'impianto di utenza per la connessione.

Impianto di terra

Sistemi MT con neutro isolato

La corrente di guasto a terra I_F si può calcolare con la formula:

$$I_F = (0,003 L_1 + 0,2 L_2) U$$

dove:

L_1 = lunghezza delle linee aeree alimentate dalle sbarre in km

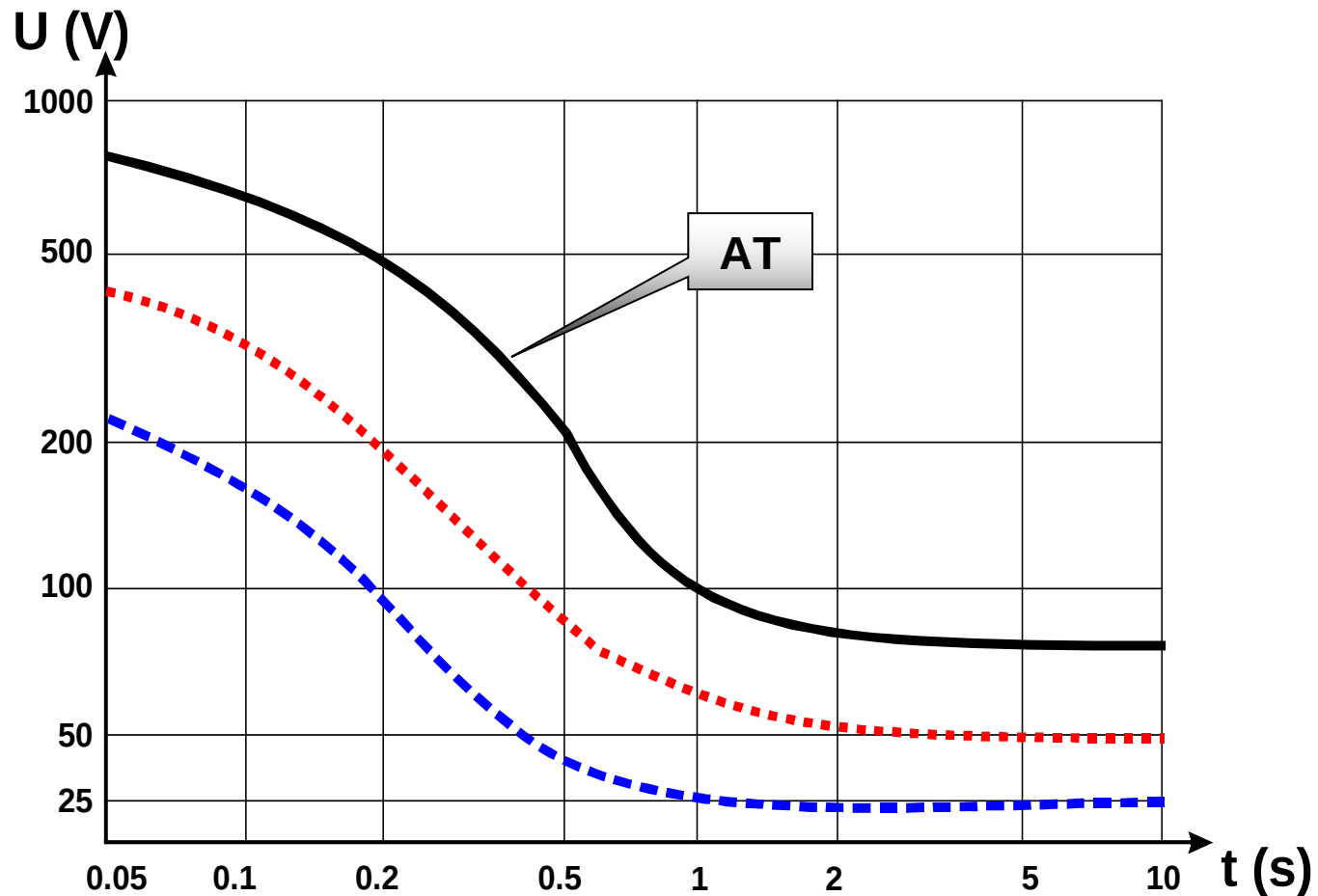
L_2 = lunghezza delle linee in cavo alimentate dalle sbarre in km

U = tensione concatenata del sistema elettrico in kV

Nota: la Norma CEI 0-16 impone di fornire all'utente il valore di I_F

Impianto di terra

La massima tensione di contatto U_T ammissibile (tensione a cui è soggetta una persona in seguito ad un contatto indiretto) viene fornita dalla Norma CEI EN 50522 mediante il seguente grafico.



Impianto di terra

La tensione di passo U_{Tp} può essere confrontata con la tensione totale di terra $U_E = R_E I_E$

Se infatti $U_E \leq U_{Tp}$ l'impianto di terra è sicuro; ne consegue che la relazione da rispettare è $R_E \leq U_{Tp} / I_E$

Nota: la corrente di guasto a terra I_F si suddivide tra il dispersore della cabina e lo schermo metallico dei cavi di MT.

L'impianto di terra è pertanto chiamato a disperdere la corrente di terra I_E che risulta essere una frazione di I_F .

Si assume, a favore della sicurezza, $I_E = 0,7 I_F$

Impianto di terra

Impianto di terra con sistema TN-S lato BT

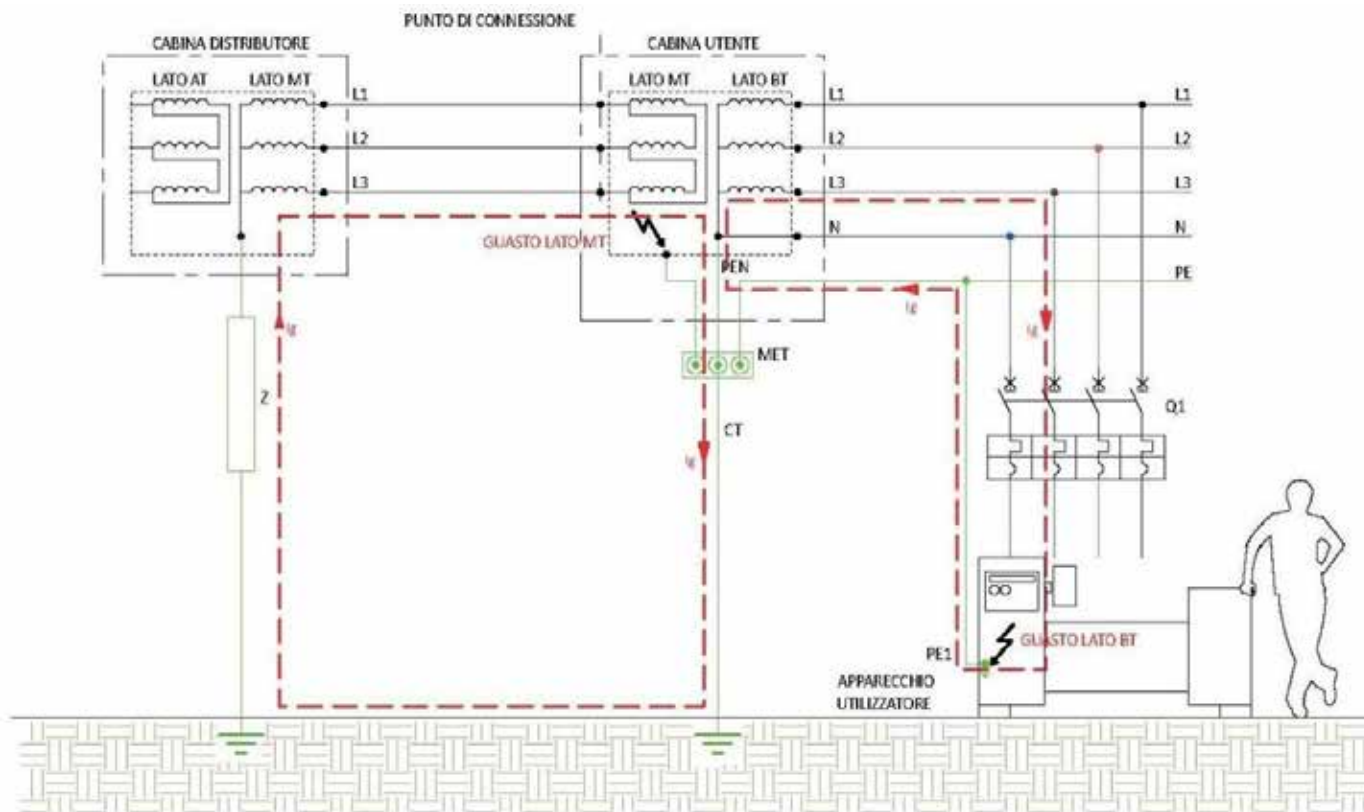
L'impianto di terra, per essere efficace, deve:

- essere affidabile e garantire nel tempo le caratteristiche elettriche;
- avere una resistenza tale che il valore della corrente di guasto che lo attraversa sia in grado di provocare l'intervento del dispositivo di protezione nei tempi richiesti.

Nel caso di alimentazione da sistemi di II categoria, nei quali la cabina di trasformazione è di proprietà dell'utente, il conduttore di protezione viene in genere collegato direttamente al centro stella del secondario del trasformatore (TN). In questo caso in presenza di guasto su una massa del circuito di bassa tensione, la corrente si chiude attraverso il conduttore di protezione, senza interessare il dispersore, che viene dimensionato soprattutto in funzione di guasti che si possono verificare sul circuito di alimentazione di media tensione.

Impianto di terra

Impianto di terra con sistema TN-S lato BT



Percorso della corrente di guasto in un sistema TN (esempio con lato MT a neutro compensato)

Soluzioni impiantistiche

Le modalità di gestione più comuni in relazione alla disposizione dei trasformatori di alimentazione per una cabina alimentata da una sola linea di media tensione sono le seguenti:

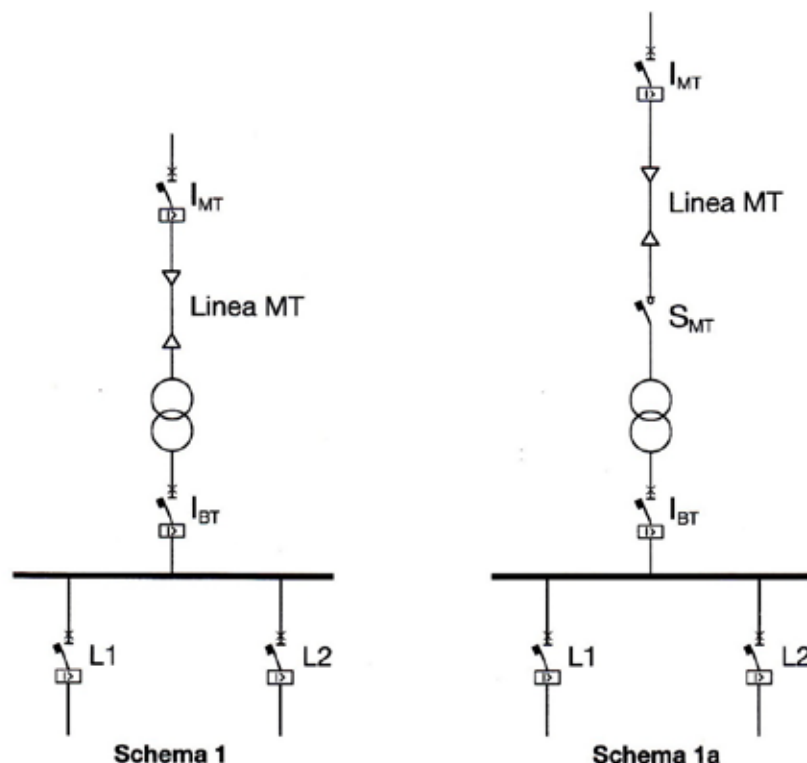
- cabina con un solo trasformatore;
- cabina con due trasformatori di cui uno di riserva all'altro;
- cabina con due trasformatori che funzionano in parallelo sulla stessa sbarra;
- cabina con due trasformatori che funzionano contemporaneamente su due distinte semisbarre.

Cabina con un solo trasformatore

Nel caso in cui l'impianto preveda l'installazione del dispositivo di protezione contro le sovracorrenti " I_{MT} " all'origine della linea che alimenta la cabina come da schema 1, tale dispositivo deve assicurare sia la protezione della linea MT che del trasformatore.

Nel caso in cui il dispositivo di protezione svolga anche funzioni di manovra e sezionamento, occorre predisporre un interblocco che consenta l'accesso al trasformatore solo quando è effettuato il sezionamento della linea di alimentazione della cabina.

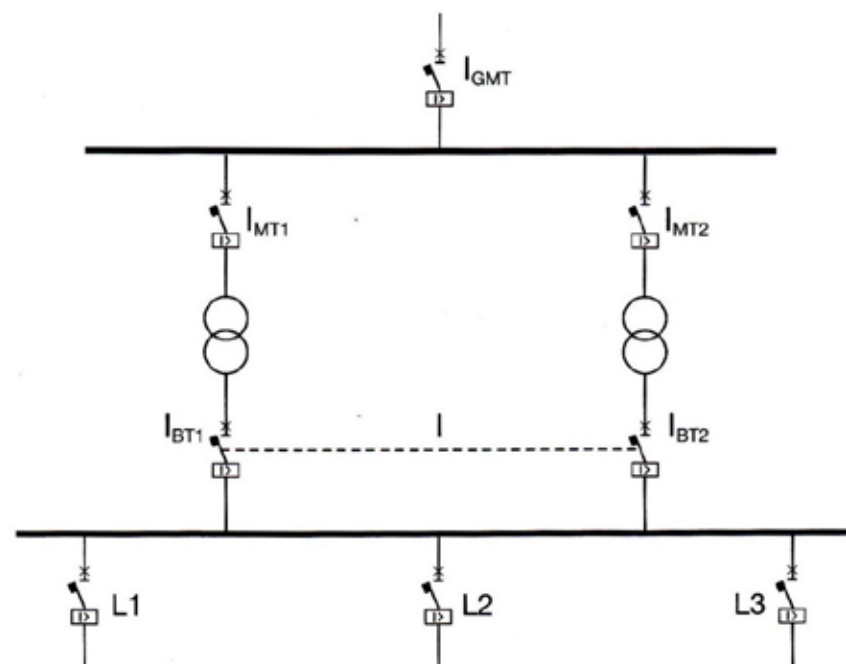
Un'altra modalità di gestione è rappresentata nello schema 1a che prevede l'installazione del dispositivo di manovra e sezionamento " S_{MT} " posizionato subito a monte del trasformatore e distinto dal dispositivo di protezione che rimane installato a inizio linea.



Cabina con due trasformatori di cui uno di riserva all'altro

Nel caso in cui l'impianto prevede l'installazione di un trasformatore considerato di riserva, gli interruttori sul lato BT devono essere collegati con un interblocco "I" la cui funzione è quella di impedire il funzionamento in parallelo dei trasformatori.

Oltre al dispositivo di manovra e sezionamento sull'arrivo linea MT (I_{GMT}) è conveniente prevedere un'apparecchiatura di manovra, sezionamento e protezione anche sui singoli montanti MT dei due trasformatori (I_{MT1} e I_{MT2}). In questo modo con l'apertura del dispositivo di monte e di valle di un trasformatore è possibile garantire il sezionamento e accedere alla macchina senza mettere fuori servizio tutta la cabina.

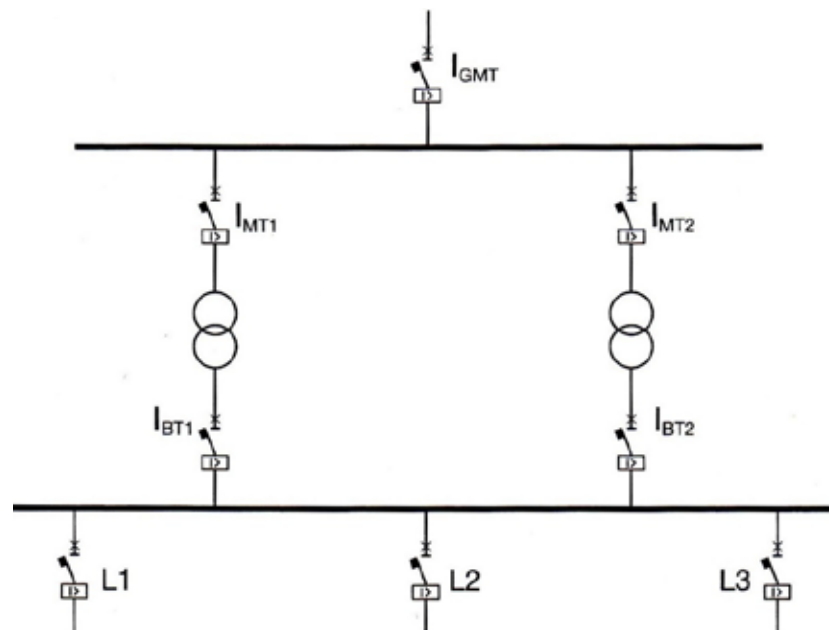


Schema 2

Cabina con due trasformatori che funzionano in parallelo sulla stessa sbarra

Nel caso in cui l'impianto preveda l'installazione di due trasformatori funzionanti in parallelo, a parità di potenza complessiva richiesta dall'impianto, è possibile utilizzare due trasformatori con potenza nominale inferiore. Rispetto alla modalità di gestione descritta nei due casi precedenti, potrebbero generarsi correnti di cortocircuito più elevate per guasto sul sistema di bassa tensione a causa della riduzione della $v_{k\%}$ possibile per le macchine di potenza inferiore.

Il funzionamento in parallelo dei trasformatori potrebbe generare maggiori problematiche nella gestione della rete. Comunque, anche in questo caso, il fuori servizio di una macchina potrebbe richiedere una certa flessibilità nella gestione carichi, assicurando l'alimentazione di quelli considerati prioritari. Nel coordinamento delle protezioni si deve considerare che la sovracorrente sul lato BT si ripartisce tra i due trasformatori.

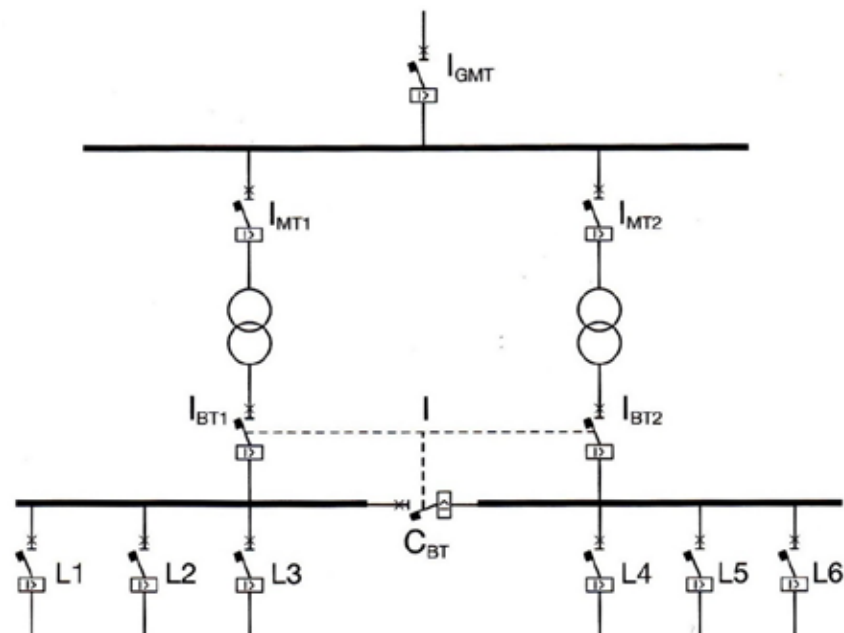


Schema 3

Cabina con due trasformatori che funzionano contemporaneamente su due distinte semisbarre

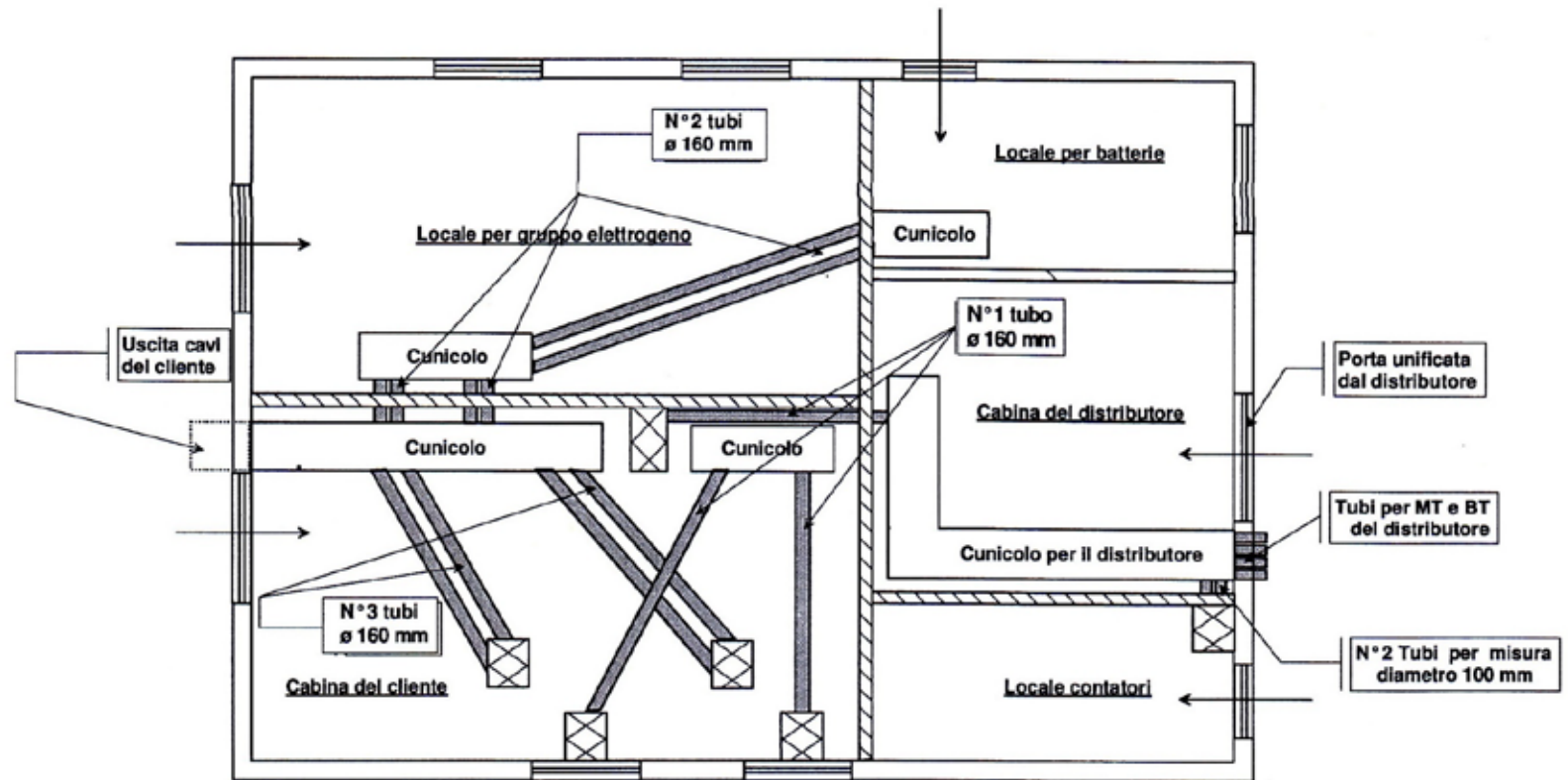
A partire dalla modalità di gestione precedente, predisponendo un congiuntore di sbarra " C_{BT} " e un interblocco " I " che impedisca al congiuntore di essere chiuso quando entrambi gli interruttori di arrivo dal trasformatore sono chiusi, si realizza una cabina gestita come da schema 4 che prevede due trasformatori che alimentano singolarmente le sbarre di bassa tensione che risultano separate.

Questa modalità di gestione, a parità di potenza dei trasformatori installati, permette di avere un valore inferiore della corrente di cortocircuito sulla sbarra. In altre parole, ogni trasformatore stabilisce il livello di cortocircuito per la sbarra di propria competenza senza dover considerare il contributo di altre macchine. Anche in questo caso con un trasformatore fuori servizio, con l'eventuale chiusura del congiuntore si passa ad un sistema con sbarra unica alimentata dal solo trasformatore sano, e deve essere prevista una logica di gestione carichi con il distacco di quelli non prioritari.



Schema 4

Esempio 1 – Cabina elettrica con evidenza dei condotti a pavimento e dei cunicoli



LEGENDA

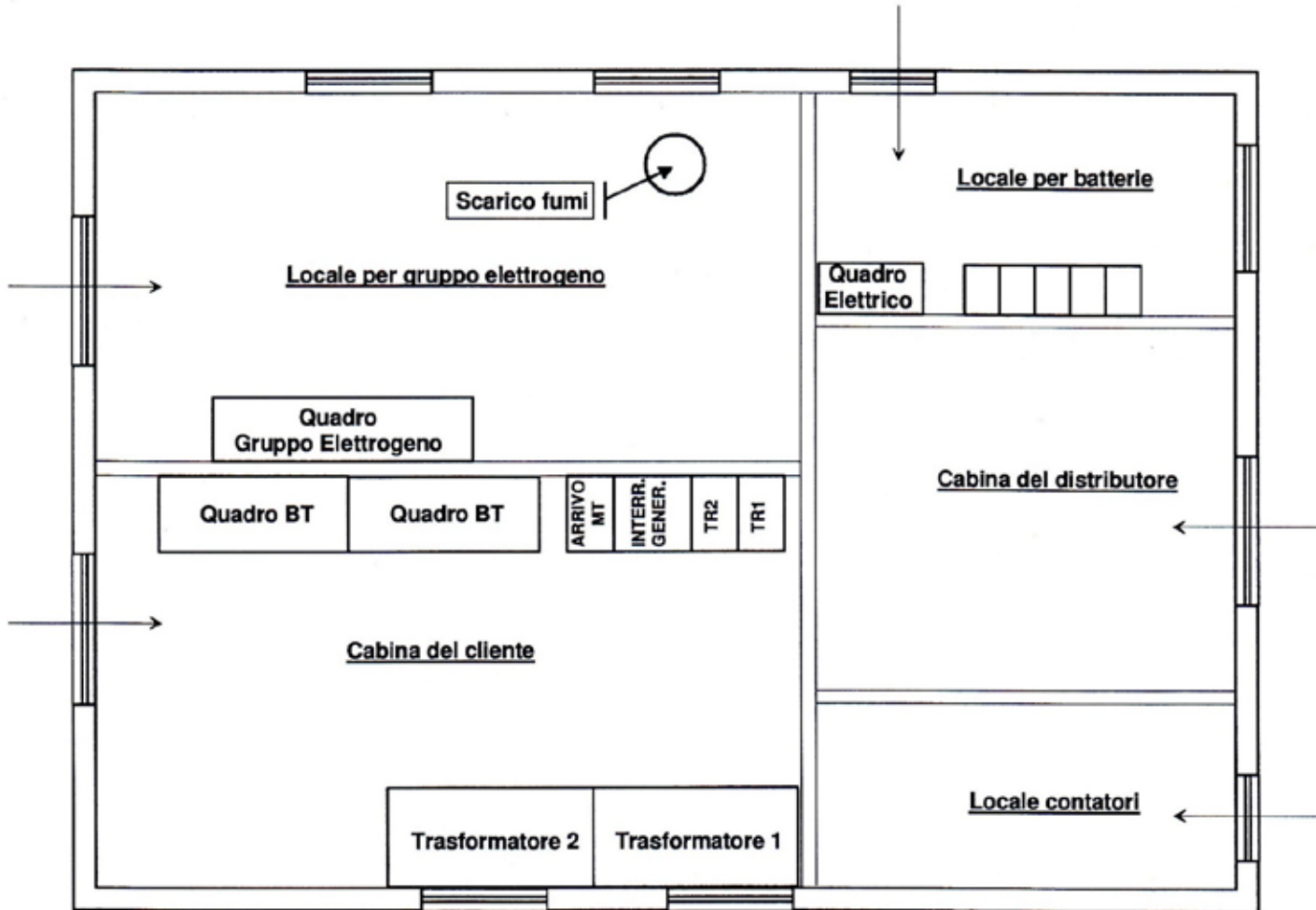


Pozzetti con dimensioni secondo le esigenze

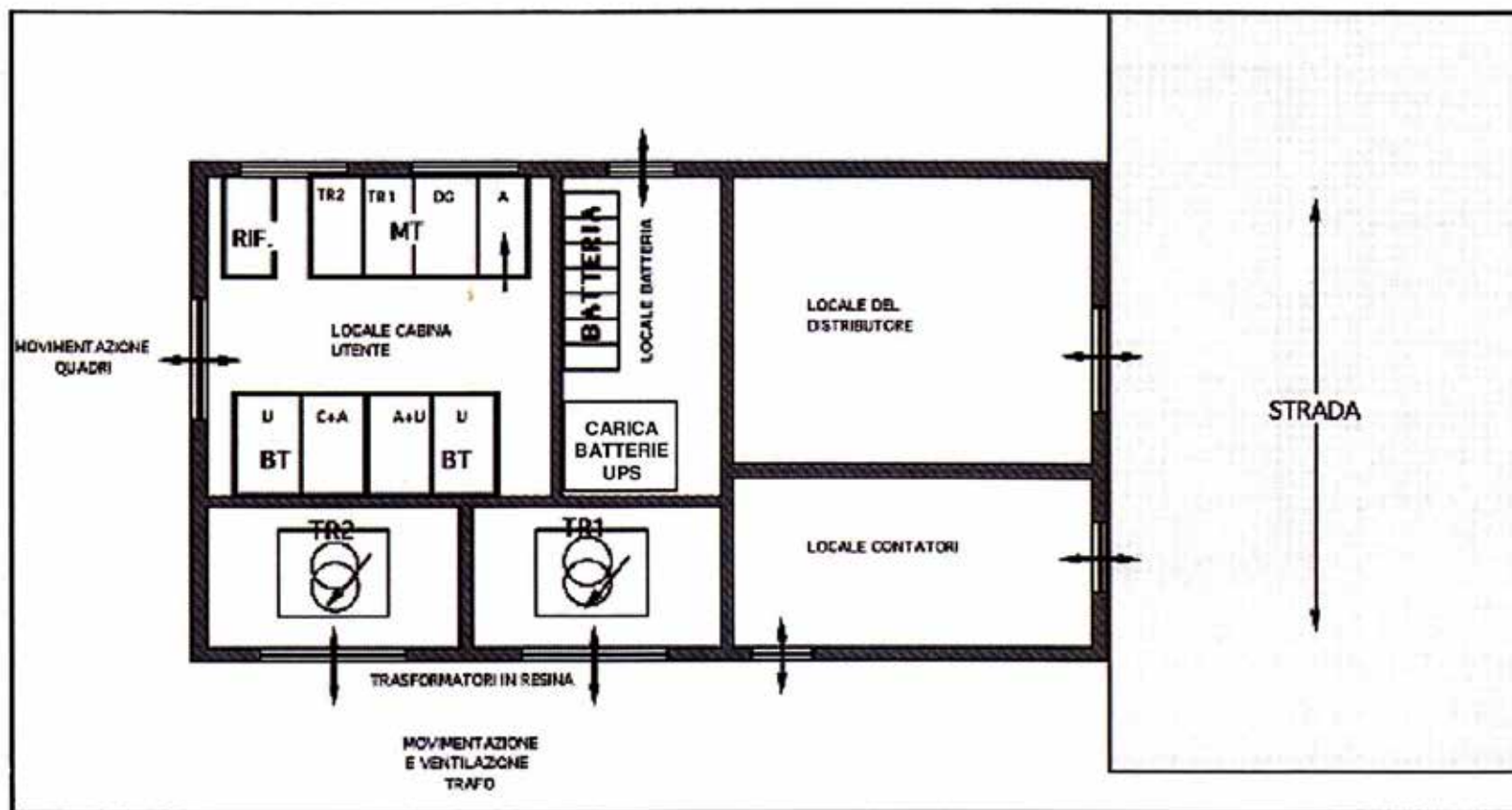
Cunicoli e pozzetti con profondità di circa cm 50

NOTA: non sono state indicate le eventuali fosse di raccolta dei fluidi isolanti

Esempio 2 – Cabina elettrica con apparecchiature addossate alle pareti



Esempio 4 – Cabina elettrica con trasformatori in resina non addossati alle pareti, posizionati in comparti separati



MANUTENZIONE DELLE CABINE ELETTRICHE

L'etimologia della parola "manutenzione" ha origine dal latino MANUTENTIÓNEM, MÁNUS e TENTIÓNEM, vocaboli che nella loro specifica accezione significano "tenere con mano", o più specificatamente "conservare" una cosa in modo che duri a lungo, rimanga in essere, in efficienza.

Nei luoghi di lavoro la manutenzione è obbligatoria ai sensi del DLgs 81/08 e del Codice Civile all'articolo 2087 "Tutela delle condizioni di lavoro".



Norma CEI 78-17

Norma CEI 78-17 (luglio 2015)

Manutenzione delle cabine elettriche MT/MT e MT/BT dei clienti/utenti finali

Copia concessa a GAMBIA MASSIMO PANTALEO in data 04/09/2015 da CEI Comitato Elettrotecnico Italiano

NORMA ITALIANA CEI

Norma Italiana

CEI 78-17

Data Pubblicazione

2015-07

Titolo

Manutenzione delle cabine elettriche MT/MT e MT/BT dei clienti/utenti finali

Titolo

Maintenance of the electric substations MV/MV and MV/LV of the final costumers/users

Sommario

La presente Norma è la revisione della precedente edizione denominata CEI 0-15:2008-04. La nuova edizione riguarda oltre che le cabine elettriche MT/BT anche le cabine MT/MT dei clienti/utenti finali. La nuova edizione della Norma, essendo strettamente correlata alla Norma CEI 11-27 "Lavori su impianti elettrici", fa parte integrante del corpo delle norme di pertinenza del Comitato Tecnico 78 che ha provveduto alla preparazione della succitata CEI 11-27.

La presente Norma si applica a tutti gli impianti elettrici riguardanti le cabine elettriche MT/MT e MT/BT, siano essi dedicati alla produzione di energia elettrica sia di tipo esclusivamente passivo. Essa, inoltre, riguarda anche gli impianti di produzione di energia elettrica in Bassa Tensione facenti parte di utenze connesse alla rete di Media Tensione.

Lo scopo della presente Norma è quello di proporre un metodo manutentivo basato sull'individuazione di tutti i componenti da mantenere che permettono, ai circuiti elettrici aventi una specifica funzione, di svolgere il loro compito in modo sicuro durante la loro durata di vita.

La nuova edizione, inoltre, presenta una successione di schede di manutenzione organizzate sul metodo proposto ed applicato a una ipotetica cabina in modo da rappresentare la maggior parte dei componenti che figurano negli impianti elettrici reali, fissandone gli interventi e i relativi esiti nonché le periodicità manutentive.



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2015. Riproduzione vietata.

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi, senza il consenso scritto del CEI. Concessione per stampa singola. Le Norme CEI sono rivisitate, quando necessario, con la pubblicazione e/o di nuove edizioni sia di varianti. È importante riportare alla gli utenti della stessa di accedere al database in possesso dell'ultima edizione e varianti.

96

Copia concessa a GAMBIA MASSIMO PANTALEO in data 04/09/2015 da CEI Comitato Elettrotecnico Italiano

Norma CEI 78-17

1 Scopo e campo di applicazione

La presente Norma ha lo scopo di fornire disposizioni tecniche atte all'esecuzione in sicurezza dei lavori di manutenzione necessari per il corretto funzionamento/esercizio delle cabine elettriche MT/MT e/o MT/BT e dei relativi impianti connessi ed in particolare anche quelli rientranti nel campo di applicazione della Norma CEI 0-16.

Norma CEI 78-17

Manutenzione correttiva, con rinnovo e/o sostituzione di suoi componenti che non modifichino in modo sostanziale le sue prestazioni e siano destinati a riportare l'impianto stesso in condizioni ordinarie di esercizio.

3.3 Manutentore

Persona fisica o giuridica che ha la responsabilità complessiva della manutenzione; in particolare degli aspetti di sicurezza, tecnici e gestionali/amministrativi. Il manutentore può eseguire o fare eseguire, dal proprio personale o da terzi, operazioni manutentive manuali e/o strumentali sugli impianti di cabine MT/MT e/o MT/BT.

Norma CEI 78-17

3.4 Persona designata alla conduzione dell'impianto elettrico (Responsabile dell'impianto - RI)

Persona responsabile, durante l'attività di manutenzione, della sicurezza dell'impianto elettrico.

3.5 Persona preposta alla conduzione dell'attività manutentiva (RLE)

Persona designata alla responsabilità della conduzione operativa dell'attività manutentiva sul posto di lavoro.

Norma CEI 78-17

3.6 Persona esperta in ambito elettrico (PES)

Persona con istruzione, conoscenza ed esperienza rilevanti tali da consentirle di analizzare i rischi e di evitare i pericoli che l'elettricità può creare.

3.7 Persona avvertita in ambito elettrico (PAV)

Persona adeguatamente avvisata da persone esperte per metterla in grado di evitare i pericoli che l'elettricità può creare.

3.8 Persona comune (PEC)

Persona non esperta e non avvertita in ambito elettrico.

3.9 Persona idonea

Persona esperta o avvertita che è autorizzata ad eseguire manutenzioni sotto tensione in BT.

Norma CEI 78-17

3.10 Persona abilitata

Persona che può eseguire lavori sotto tensione su impianti a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.

3.11 Componente (elettrico)

Elemento utilizzato per produzione, trasformazione, trasmissione, utilizzazione o distribuzione dell'energia elettrica, quali: macchine, trasformatori, apparecchiature di comando e controllo, strumenti di misura, dispositivi di protezione, condutture ed apparecchi utilizzatori, soggetto a manutenzione.

3.12 Addetti alla manutenzione

Persone alle dipendenze (o incaricate) del (dal) manutentore che eseguono le operazioni manutentive, manuali e/o strumentali, degli impianti di cabine MT/MT e/o MT/BT.

Norma CEI 78-17

6 Documentazione per gli interventi manutentivi

6.1 Generalità

La documentazione relativa a tutti gli specifici interventi di manutenzione può consistere, ad esempio, nella predisposizione di un “fascicolo di manutenzione” comprendente gli schemi elettrici degli impianti oggetto della manutenzione e di una raccolta di schede tecniche come specificato nel seguito.

Norma CEI 78-17

6.1.1 Predisposizione delle schede di manutenzione

Le schede di manutenzione, destinate alla formazione del fascicolo di manutenzione, devono essere predisposte a cura dell'unità o della persona che ha la titolarità dell'impianto elettrico da mantenere.

In primo luogo, per la predisposizione delle schede, si deve far riferimento ai manuali tecnici e/o schede di manutenzione dei costruttori con cui questi ultimi accompagnano la fornitura di apparecchiature, componenti e servizi.

Norma CEI 78-17

Le schede devono contenere solo gli elementi da mantenere realmente installati nell'impianto e, comunque, almeno i seguenti dati:

- a) identificativo della cabina MT/MT e/o MT/BT cui si riferisce la scheda;
- b) codifica o n° progressivo della scheda;
- c) denominazione del circuito funzionale e/o dell'elemento(i) da esaminare ai fini della manutenzione;

Norma CEI 78-17

- d) verifiche/interventi: descrizione sintetica delle verifiche o degli interventi da eseguire sul(i) componente (i);
- e) periodicità massima: intervallo temporale massimo tra un intervento manutentivo e il successivo;
- f) provvedimento(i) assunto(i): interventi particolari che l'addetto alla manutenzione (o il manutentore), ha effettuato o non ha potuto effettuare per mancanza di attrezzature/materiali o per impossibilità tecniche;
- g) sigla dell'addetto alla manutenzione;

Norma CEI 78-17

- h) data di esecuzione dell'intervento manutentivo;
- i) esito dell'intervento;
- j) firme dei manutentori;
- k) Note, se necessario.

L'Allegato A riporta in particolare, le modalità di formazione del pacchetto di schede manutentive e come sono organizzate per consentire una valutazione complessiva e anche particolare dello stato manutentivo dell'impianto considerato.

Norma CEI 78-17 Allegato B esempio di schede manutentive

- IDENTIFICATIVO CABINA MT/MT o MT/BT XXXX - SCHEDA RIASSUNTIVA DEGLI ESITI DELLA MANUTENZIONE DELL'INTERO IMPIANTO																		
Idoneità struttura, accessibilità, idoneità dei circuiti MT e BT																		
NB: Consultare le schede dei costruttori, se esistenti o reperibili - Gli interventi si eseguono a seguito di esame visivo e/o strumentale		Periodo Max	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	NOTE
1	Struttura esterna di cabina	5 anni																
2	Stato di idoneità del locale cabina																	
3	Presenza strutture e dispositivi di sicurezza funzionali all'utilizzo del locale cabina																	
4	QMT-A																	
5	QBT-A																	
6	Circuito Funzionale Elettrico CFE1-MT																	
7	Circuito Funzionale Elettrico CFE2-MT																	
8	Circuito Funzionale Elettrico CFE3-MT																	
9	Circuito Funzionale Elettrico CFE4-MT																	
10	Circuito Funzionale Elettrico CFE1-BT																	
11	Circuito Funzionale Elettrico CFE2-BT																	
12	Circuito Funzionale Elettrico CFE3-BT																	
13	Circuito Funzionale Elettrico CFE4-BT																	
14																		
15																		
16																		
17																		
Esito complessivo degli interventi periodici																		
Nelle colonne "Esito" scrivere "P" se l'intervento manutentivo è positivo - oppure - "PI" se il controllo è positivo previo intervento - oppure - "NA" quando l'intervento viene rimandato a sessioni successive - oppure - "NP" se il componente non è presente - oppure - "VN" acronimo di VEDERE NOTA (da riportare nella colonna NOTE a fianco) - oppure - "B" se gli interventi saranno eseguiti da costruttore/centro assistenza - oppure - "C" se le necessarie sostituzioni parziali o totali saranno eseguite dal costruttore/centro assistenza secondo indicazioni da riportare nella colonna delle NOTE a fianco. Nella colonna "Sigla" apporre sigla identificativa dell'addetto alla manutenzione e nella colonna "Data" scrivere la data di esecuzione dell'intervento.																	Firme dei Manutentori	
																	1	
																	2	
																	3	
																	4	
																	5	

Norma CEI 78-17 Allegato B esempio di schede manutentive

- Identificativo CABINA MT/MT o MT/BT XXXX - QMT-A/CFE1-MT - SCHEDA N. 5 -																		
Sbarra MT, cavi e terminali di cavo (SBMT-CAV)																		
NB: Consultare le schede dei costruttori, se esistenti o reperibili - Gli interventi si eseguono a seguito di esame visivo e/o strumentale		Periodo Max	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	NOTE
1	SBMT-CAV - Verifiche/interventi: pulizia	1 anno																
2	SBMT-CAV - Verifiche/interventi: verifica degli stati di integrità elettrico e meccanico (scariche superficiali, fessurazioni, ecc.)	1 anno																
3	SBMT-CAV - Verifiche/interventi: verifica serraggio collegamenti in ingresso/uscita	1 anno																
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
Esito complessivo degli interventi periodici																		
Nelle colonne "Esito" scrivere "P" se l'intervento manutentivo è positivo - oppure - "PI" se il controllo è positivo previo intervento - oppure - "NA" quando l'intervento viene rimandato a sessioni successive - oppure - "NP" se il componente non è presente - oppure - "VN" acronimo di VEDERE NOTA (da riportare nella colonna NOTE a fianco) - oppure - "B" se gli interventi saranno eseguiti da costruttore/centro assistenza - oppure - "C" se le necessarie sostituzioni parziali o totali saranno eseguite dal costruttore/centro assistenza secondo indicazioni da riportare nella colonna delle NOTE a fianco. Nella colonna "Sigla" apporre sigla identificativa dell'addetto alla manutenzione e nella colonna "Data" scrivere la data di esecuzione dell'intervento.																	Firme dei Manutentori	
																	1	
																	2	
																	3	
																	4	
																	5	

Norma CEI 78-17 Allegato B esempio di schede manutentive

- Identificativo CABINA MT/BT XXXX - QMT-A/CFE3-MT - SCHEDA N. 15 - Trasformatore a secco BT/MT dedicato alla generazione FV (TRFV - SE)																		
NB: Consultare le schede dei costruttori, se esistenti o reperibili - Gli interventi si eseguono a seguito di esame visivo e/o strumentale		Periodo Max	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	NOTE
1	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo dati di targa	1 anno																
2	TRFV - SE - Verifiche/interventi: pulizia generale da polvere e sporizia	1 anno																
3	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo presenza ostruzioni nei canali di raffreddamento	1 anno																
4	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo serraggio bulloneria di fissaggio a pavimento	1 anno																
5	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo serraggio bulloneria terminali MT/BT	1 anno																
6	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo funzionamento eventuali ventilatori e centralina comandi	1 anno																
7	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo collegamenti sonde di temperatura	1 anno																
8	TRFV - SE - Verifiche/interventi: controllo stato dei dispositivi meccanici per movimentazione TR	5 anni																
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
Esito complessivo degli interventi periodici																		
Nelle colonne "Esito" scrivere "P" se l'intervento manutentivo è positivo - oppure - "PI" se il controllo è positivo previo intervento - oppure - "NA" quando l'intervento viene rimandato a sessioni successive - oppure - "NP" se il componente non è presente - oppure - "VN" acronimo di VEDERE NOTA (da riportare nella colonna NOTE a fianco) - oppure - "B" se gli interventi saranno eseguiti da costruttore/centro assistenza - oppure - "C" se le necessarie sostituzioni parziali o totali saranno eseguite dal costruttore/centro assistenza secondo indicazioni da riportare nella colonna delle NOTE a fianco. Nella colonna "Sigla" apporre sigla identificativa dell'addetto alla manutenzione e nella colonna "Data" scrivere la data di esecuzione dell'intervento.																	Firme dei Manutentori	
																	1	
																	2	
																	3	
																	4	
																	5	

Norma CEI 78-17 Allegato B esempio di schede manutentive

- Identificativo CABINA MT/BT XXXXX - QBT-A/CFE2-BT - SCHEDA N. 22 - Interruttori scolati utilizzati come DDG dei convertitori CC/CA, se del caso (DDGFV)																		
NR: Consultare le schede dei costruttori, se esistenti o reperibili - Gli interventi si eseguono a seguito di esame visivo e/o strumentale		Periodo Max	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	Esito	Sigla	Data	NOTE
1	DDGFV - Verifiche/interventi: controllo generale e installazione	1 anno																
2	DDGFV - Verifiche/interventi: controllo integrità dell'interruttore	1 anno																
3	DDGFV - Verifiche/interventi: pulizia generale	1 anno																
4	DDGFV - Verifiche/interventi: verifica serraggio collegamenti in ingresso/uscita	1 anno																
5	DDGFV - Verifiche/interventi: verifica ausiliari elettrici	1 anno																
6	DDGFV - Verifiche/interventi: Verifica funzionamento dell'unità di controllo di protezione	1 anno																
7	DDGFV - Verifiche/interventi: Esecuzione ciclo di manovra O-CO	1 anno																
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
Esito complessivo degli interventi periodici																		
Nelle colonne "Esito" scrivere "P" se l'intervento manutentivo è positivo - oppure - "PI" se il controllo è positivo previo intervento - oppure - "NA" quando l'intervento viene rimandato a sessioni successive - oppure - "NP" se il componente non è presente - oppure - "VN" acronimo di VEDERE NOTA (da riportare nella colonna NOTE a fianco) - oppure - "B" se gli interventi saranno eseguiti da costruttore/centro assistenza - oppure - "C" se le necessarie sostituzioni parziali o totali saranno eseguite dal costruttore/centro assistenza secondo indicazioni da riportare nella colonna delle NOTE a fianco. Nella colonna "Sigla" apporre sigla identificativa dell'addetto alla manutenzione e nella colonna "Data" scrivere la data di esecuzione dell'intervento.																Firme dei Manutentori		
																1		
																2		
																3		
																4		
																5		



Per chi desidera
approfondire

Grazie dell'attenzione